



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102597792 B

(45) 授权公告日 2016.06.08

(21) 申请号 201080050438.0

代理人 张瑞 郑霞

(22) 申请日 2010.05.12

(51) Int. Cl.

G01R 29/10(2006.01)

(30) 优先权数据

PCT/IL2009/001057 2009.11.10 IL

61/282,981 2010.05.03 US

61/282,980 2010.05.03 US

61/282,983 2010.05.03 US

(56) 对比文件

CN 101513118 A, 2009.08.19,

JP 特开 2008-34244 A, 2008.02.14,

US 5008506, 1991.04.16,

CN 1146305 C, 2004.04.14,

US 2008/0047948 A1, 2008.02.28,

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2012.05.08

审查员 胥志激

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/IL2010/000380 2010.05.12

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/058537 EN 2011.05.19

(73) 专利权人 高知有限公司

地址 百慕大哈密尔顿

(72) 发明人 亚历山大·比尔钦斯基

艾兰·本-什穆尔

平夏斯·艾恩齐格 阿米特·拉贝尔

(74) 专利代理机构 北京安信方达知识产权代理

有限公司 11262

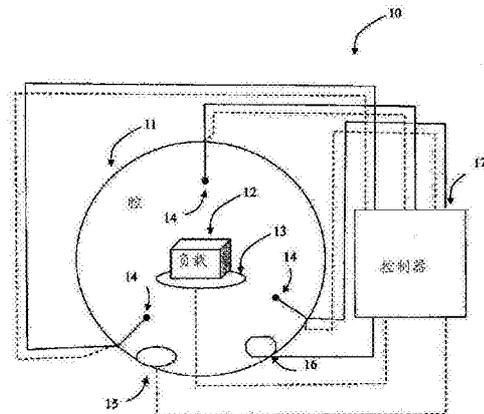
权利要求书2页 说明书27页 附图8页

(54) 发明名称

控制能量的装置与方法

(57) 摘要

用于施加 EM 能量到负载的设备和方法。该设备和方法包括至少一个处理器，该处理器被配置为接收指示对于多个调制空间元素中的每一个由负载所耗散的能量的信息。该处理器还可以被配置为基于所接收的信息将该多个调制空间元素中的每一个与功率应用的相应的持续时间相关联。该处理器可以进一步被配置为调节施加到负载的能量以便对于该多个调制空间元素而言在功率应用的相应的持续时间施加功率到负载。



1. 一种以射频RF辐射来辐射负载的设备,该设备包括:  
至少一个处理器,被配置为:  
对于多个调制空间元素中的每一个给定调制空间元素,设定在该给定调制空间元素处将要耗散到负载中的所期望的能量的量;以及  
对于每个给定调制空间元素调整发射时间,使得在任意给定调制空间元素处耗散该所期望的能量的量到负载中,并且在每个调制空间元素处能量在比其被发射固定时间段少的时间内发射;  
其中,调制空间元素是能够影响在能量应用区域的场模式的多个可变参数中的一组特定值。
2. 如权利要求1所述的设备,其中,该至少一个处理器进一步被配置为将该多个调制空间元素中的一个或多个与一个功率水平值相关联,该功率水平值对应于设定用于相同的调制空间元素的功率应用的持续时间。
3. 如权利要求1所述的设备,其中,该处理器被配置为基于在给定调制空间元素处指示由负载可吸收的能量的值来调整对于每个给定调制空间元素的发射时间。
4. 如权利要求1所述的设备,其中,该至少一个处理器被配置为通过控制该多个调制空间元素中的至少一个扫频调节RF能量的辐射。
5. 如权利要求1所述的设备,其中,该至少一个处理器被配置为调节RF能量的辐射以便在该多个调制空间元素上功率应用过程中,功率发射的水平是恒定的。
6. 如权利要求3所述的设备,其中,对于每个给定调制空间元素,该指示由负载可吸收的能量的值包括反射能量或耦合能量的一种指示。
7. 如权利要求1所述的设备,其中,该至少一个处理器被配置为通过限制在该多个调制空间元素中的一个或多个处发射的能量的总量调节RF能量的辐射。
8. 如权利要求1所述的设备,其中,该至少一个处理器被配置为调节RF能量的辐射以便将在一个或多个调制空间元素处发射的所施加的功率最大化。
9. 如权利要求1所述的设备,其中,该至少一个处理器被配置为调节RF能量的辐射以便使用至少两个不同的调制空间元素发射功率,其中每个元素在不同的非零功率水平持续非零持续时间。
10. 如权利要求1所述的设备,其中,该至少一个处理器被配置为调节RF能量的辐射以便连续地施加能量从而形成一个负载循环,并且其中该至少一个处理器被配置为重复地执行该负载循环。
11. 如权利要求10所述的设备,其中,该至少一个处理器被配置为改变具有该负载循环的多个调制空间元素。
12. 如权利要求1所述的设备,其中,该至少一个处理器被配置为确定在该多个调制空间元素中的每一个处指示由负载可吸收的能量的值,并且基于对于各个调制空间元素所确定的指示由负载可吸收的能量的值确定该多个调制空间元素中的每一个的耗散率。
13. 如权利要求12所述的设备,其中,该多个调制空间元素限定一组,并且其中该至少一个处理器被配置为以至少每分钟120次的速率为该组确定耗散率。
14. 如权利要求1所述的设备,其中,该多个调制空间元素中的每一个是由频率值、相位值、及振幅值所定义的。

15. 如权利要求1所述的设备,其中,该多个调制空间元素中的每一个在频率、相位及振幅至少之一中彼此不同。

16. 如权利要求1所述的设备,其中,该多个调制空间元素中的每一个是由频率值和相位值所定义的。

17. 如权利要求1所述的设备,其中,在该多个调制空间元素以及相应的功率应用持续时间中,对应于与指示由负载可吸收的能量的第一值相关联的一个第一调制空间元素的一个功率应用持续时间比对应于与指示由负载可吸收的能量的第二值相关联的一个第二调制空间元素的一个功率应用持续时间更短,其中指示由负载可吸收的能量的该第二值低于指示由负载可吸收的能量的该第一值。

18. 如权利要求1所述的设备,进一步包括一个用于接收负载的腔和用于将RF能量辐射到负载的至少一个辐射元件。

19. 如权利要求18所述的设备,进一步包括用于供应RF能量到该至少一个辐射元件的一个RF能量源。

20. 一种以射频辐射来辐射负载的方法,该方法包括:

对于多个调制空间元素中的每一个给定调制空间元素:

(1) 设定将要耗散到负载中的所期望的能量的量;以及

(2) 调整发射时间,使得耗散该所期望的能量的量到负载中,

其中,调整该发射时间,使得在每个调制空间元素处设定的能量的量在比其被发射固定时间段少的时间内发射;

其中,调制空间元素是能够影响在能量应用区域的场模式的多个可变参数中的一组特定值。

21. 如权利要求20所述的方法,其中,基于在给定调制空间元素处指示由负载可吸收的能量的值来调整对于每个给定调制空间元素的发射时间。

22. 如权利要求21所述的方法,其中,将要耗散到负载中的所期望的能量的量对于多个给定调制空间元素是相同的,该多个给定调制空间元素在其指示由负载可吸收的能量的值方面是不同的。

23. 如权利要求21所述的方法,其中,该指示由负载可吸收的能量的值包括反射能量或耦合能量的一种指示。

24. 如权利要求20所述的方法,其中,调整该发射时间以便使用至少两个不同的调制空间元素发射功率,其中每个元素在不同的非零功率水平持续非零持续时间。

25. 如权利要求20所述的方法,其中,该多个调制空间元素中的每一个是由频率值和相位值所定义的。

26. 如权利要求20所述的方法,其中,该多个调制空间元素中的每一个是由频率值、相位值、及振幅值所定义的。

## 控制能量的装置与方法

[0001] 相关申请

[0002] 本申请要求以下各项的权益:1)于2009年11月10日提交的名称为“控制能量的装置与方法”的国际申请号PCT/IL 2009/001057;2)于2010年5月3日提交的名称为“模态分析”的美国临时专利申请;3)于2010年5月3日提交的名称为“耗散曲线分析”的美国临时专利申请;4)于2010年5月3日提交的名称为“空间控制的能量传输”的美国临时专利申请。所有这些列出的申请通过引用以其全文结合在此。

[0003] 本申请涉及于2010年5月3日提交的四个其他的美国临时专利申请,名称为:1)模态能量应用;2)退化模态腔;3)分区腔;以及4)在电磁能量传输系统中的天线放置。所有这些列出的申请通过引用以其全文结合在此。

### 发明领域

[0004] 在本申请的一些实施方案中,本申请总体上涉及电磁(EM)能量在负载中的耗散,并且更具体地但非排他的,涉及RF加热,例如使用微波或UHF能量用于融化、加热和/或烹饪。

[0005] 发明背景

[0006] 有很多使用高频辐射的加热对象,并且包括常用的家用微波(MW)炉,以及使用MW能量主要结合其他的加热方式如蒸汽、热空气及红外加热元件的商用炉。

[0007] 在与已知的MW炉相关联的许多问题中是加热不均匀,这常常在炉腔中导致反射驻波的热点和冷点。改进在这种装置中的均匀性的许多尝试包括增加在炉腔中的模式数目(例如在加热过程中搅拌和/或移动负载的模式)。

[0008] 在一些情况中,其中使用了多个频率,这些装置被配置为测量以不同的发射频率传输能量到炉腔的效率,并且然后仅以具有相对高效率的频率传输能量到负载,其旨在这会增加到负载的能量传输效率。

[0009] 加热一个对象改变了其在不同的频率下的耗散特征。例如,在加热之前负载中以一个速率耗散的频率在负载的某种加热或移动发生之后能够以不同的速率(更高或更低)耗散。

[0010] 发明概述

[0011] 根据一些实施方案,提供了一种用于辐射具有频率的辐射频谱的设备和方法。辐射是通过在不同的频率下发射不同量的能量来执行的。在每个频率下发射的能量的量是至少通过改变在发射相应的频率期间的对应的持续时间所控制的。

[0012] 根据本实施方案的一个方面,提供了一种辐射负载的方法,其中,通过改变在发射相应的频率期间的对应的持续时间在不同的频率供应不同量的能量。因此从其中要求的较多能量的频率发射更长的时间量,而从其中要求的较少能量的频率发射更短的时间量。

[0013] 对负载进行辐射可以在一个共振腔中执行。

[0014] 可以对负载的辐射进行控制用于获得负载中的预先确定能量耗散模式。

[0015] 对负载进行辐射可以在固定功率发射水平执行。

- [0016] 可以分别针对发射频率中的每一个在最大功率发射水平执行负载辐射。使放大器持续工作在设计最大功率允许使用更便宜的放大器。
- [0017] 可以控制负载的辐射用于限制在不同频率中的每一个下提供的能量的最大量。
- [0018] 可以控制负载的辐射为限制在不同的频率提供的持续一个发射周期的能量的总量。
- [0019] 发射周期可以是一个发射循环或一个负载循环。
- [0020] 可以控制负载的辐射为限制在发射单个频率期间的总持续时间。
- [0021] 可以控制负载的辐射为将在所发射的频率中的每一个下的可能功率最大化。
- [0022] 至少两个频率在至少两个不同的非零功率发射。
- [0023] 该方法可以包括：
- [0024] 以频率的辐射频谱辐射负载；
- [0025] 测量所产生的反射和耦合频谱(RC频谱)；
- [0026] 根据RC频谱推断负载的当前耗散信息；以及
- [0027] 根据耗散信息设定频率的辐射频谱，其中该设定包括通过改变在发射相应的频率期间的对应的持续时间在不同的频率发射不同的能量的量。
- [0028] 该方法可以包括：
- [0029] 以频率的辐射频谱辐射负载，以便让负载吸收能量；
- [0030] 测量所产生的RC频谱；
- [0031] 根据所测量的RC频谱推断负载的当前耗散信息；以及
- [0032] 根据耗散信息修改频率的辐射频谱，其中该修改包括通过改变在发射相应的频率期间的对应的持续时间在不同的频率发射不同的能量的量。
- [0033] 可以连续地安排这些频率以形成一个负载循环。
- [0034] 该方法可以包括重复地执行该负载循环。
- [0035] 这些频率可以在负载循环内改变。
- [0036] 该方法可以包括在负载循环的重复中不同地打开或关闭频率以改变在辐射负载的对应的频率的辐射的总持续时间。
- [0037] 在该方法中，通过为某些循环关闭频率或为某些循环将频率切换到更低的功率可以实现不同的切换。
- [0038] 根据本实施方案的一个第二方面，提供了一种用频率的辐射频谱辐射负载的方法，该负载具有随着负载的能量耗散状态而改变的耗散信息，该方法包括根据耗散信息的改变修改频率的辐射频谱，其中该修改包括改变在发射相应的频率期间的对应的持续时间。
- [0039] 根据本实施方案的一个第三方面，提供了一种用于辐射负载的设备，包括：
- [0040] a. 一个能量馈源，其功能为发射能量到腔，以在存在负载的情况下在多个频率中共振；以及
- [0041] b. 一个控制器，其功能为改变在发射相应的频率过程中的对应的持续时间。
- [0042] 在一个实施方案中，该控制器被配置为重复地执行改变。
- [0043] 在一个实施方案中，该控制器被配置为根据对应的持续时间以频率的辐射频谱辐射负载，测量所产生的反射和耦合频谱(RC频谱)，根据RC频谱推断负载的当前耗散信息，并

且根据耗散信息设定频率的辐射频谱。

[0044] 在一个实施方案中,该控制器被配置为在频率的负载循环中不同地打开或关闭频率,从而改变在辐射负载中对应的频率的总持续时间。

[0045] 一些示例性实施方案可以包括一种用于施加EM能量到负载的设备。该设备可以包括至少一个处理器,该处理器被配置为接收指示对于多个调制空间元素(将在以下对该术语进行详细描述)中的每一个由负载所耗散的能量的信息。该处理器还可以被配置为基于所接收的信息将该多个调制空间元素中的每一个与相应的功率应用持续时间相关联。该处理器还可以被配置为调节施加到负载的能量以便对于多个调制空间元素中的每一个而言在相应的功率应用持续时间施加功率到负载。

[0046] 其他的示例性实施方案可以包括一种用于施加EM能量到负载的设备。该设备可以包括至少一个处理器,该处理器被配置为确定与负载相关联的多个耗散指示符的值。该处理器还可以被配置为基于多个耗散指示符的值设定调制空间元素/功率/时间三者。该处理器可以被配置为调节调制空间元素/功率/时间三者以施加能量到负载。

[0047] 其他的示例性实施方案可以包括一种用于施加EM能量到负载的方法。该方法可以包括接收对于多个调制空间元素中的每一个由负载所耗散的能量的信息;基于所接收的信息,将该多个调制空间元素中的每一个与相应的功率应用持续时间相关联;以及调节施加到负载的能量以便对于多个调制空间元素中的每一个而言在相应的功率应用的持续时间施加功率到负载。

[0048] 在本公开中,已经结合频率和/或调制空间元素描述了许多概念。在一些实施方案中,频率可以包括在用于确定或操纵一个调制空间元素的一个或多个参数之中。总之,因此,根据频率描述的与本公开的实施方案相关的概念还可以更总体上延伸到包括使用调制空间元素的实施方案。

[0049] 除非以其他方式定义,在本文中使用的所有技术和科学术语对于本发明所属的本领域普通技术人员的共同理解具有相同的意思。在本文中提供的材料、方法、及示例仅是示意性的并不旨在限制。

[0050] 在本文中使用的单词“示例性”意思为“用作一个示例、例子或图示”。描述为“示例性”的任何实施方案不必认为相对于其他的实施方案是优选的或有利的和/或从其他的实施方案排除特征的合并。

[0051] 在本文中使用的单词“可选地”意思是“在一些实施方案中提供而不在其他的实施方案中提供”。本发明的任何具体实施方案可以包括多个“可选的”的特征,除非这些特征相冲突。

[0052] 本发明的实施方案的方法和/或系统的实现方式可以涉及手动、自动、或其组合执行或完成所选择的任务。这具体地是指涉及如微波、烘干机及类似的设备的控制的任务。此外,根据本发明的方法和/或系统的实施方案的实际仪器和设备,可以通过硬件、软件、或通过固件、或通过其组合使用一种操作系统来实施几个所选择的任务。

[0053] 例如,根据本发明的实施方案可以将所选择的任务的硬件实施为芯片或电路。如软件,根据本发明的实施方案的所选任务可以被实现为使用任何合适的操作系统由计算机执行的多个软件指令。在本发明的示例性实施方案中,根据如本文描述的方法和/或系统的示例性实施方案的一个或多个任务由一个数据处理器执行,如用于执行多个指令的计算平

台。可选地,该数据处理器包括存储指令和/或数据的易失性存储器和/或非易失性存储器,例如磁硬盘和/或移动媒质,用于存储指令和/或数据。可选地,还提供了一种网络连接。还可选地提供了显示器和/或如键盘或鼠标的用户输入装置。

[0054] 附图简要说明

[0055] 仅通过举例并参考附图在此描述了本发明。现专门详细参考附图,应强调所述的细节仅是通过举例并且仅用于示意性地讨论本发明的优选实施方案,并且这些细节存在以提供被认为是本发明的原理和概念方面最有用和最容易理解的描述的内容。在该方面,未试图以与基本理解本发明所需的细节相比更详细地示出本发明的结构细节,结合附图的描述使得本领域技术人员明白本发明的几种形式可以在实践中如何体现。

[0056] 在附图中:

[0057] 图1A是示出根据本发明的一些实施方案的一种对负载进行辐射的方法的简化的流程图。

[0058] 图1B是示出一种根据本发明的一些实施方案用于向负载提供受控的能量辐射的方法的简化的流程图,其中负载的耗散信息取决于负载的能量状态改变。

[0059] 图1C是示出根据本发明的一些实施方案的一种通过对在其中发射每个频率的时间段进行调制来控制在每个发射频率下耗散到负载中能量的量的方法的简化流程图。

[0060] 图2是控制通过以多个频率辐射的能量传输的示例性流程图。

[0061] 图3示意性地描绘了根据本发明的示例性实施方案的一个装置。

[0062] 图4A和4B描绘了用于示例性决定函数的功率对频率的示意图。

[0063] 图5是根据本发明的实施方案控制用于辐射负载的负载循环的示例性场景。

[0064] 图6是根据本发明的一个示例性实施方案施加电磁能量到负载的设备的图解;

[0065] 图7示出了根据本发明的一个实施方案的耗散率频谱(虚线)和输入能量频谱(实线);

[0066] 图8示出了根据本发明的一个实施方案的耗散率频谱;

[0067] 图9示出了根据本发明的一个示例性实施方案的一个装置;以及

[0068] 图10示出了一个示例性调制空间。

[0069] 示例性实施方案的详细说明

[0070] 本实施方案包括一种用于控制在每个被发射调制空间元素(MSE;以下将对其进行详细描述)处控制耗散到负载中的EM能量的量的设备和方法,并且具体地涉及在这些MSE的负载循环中通过对每个MSE其中发射的周期进行调制的此类控制。例如能量的耗散可以用于通常在无需增加温度的情况下使用能量辐射的任何形式的加热,包括融化、解冻、升温、烹饪、烘干等中的一个或多个。术语“电磁能量”或“EM能量”如在本文中使用包括电磁频谱的任何或所有部分,包括但不限于射频(RF)、红外线(IR)、近红外、可见光、紫外线等。在一个具体的示例中,所施加的电磁能量可以包括具有在100km到1mm的自由空间中的波长的RF能量,这分别是3KHz到300GHz的频率。在一些其他的示例中,频率带可以是在500MHz到1500MHz之间、或700MHz到1200MHz之间、或800MHz到1GHz之间。微波和超高频(UHF)能量例如都可以在RF范围内。即使在本文中结合RF能量的应用描述了本发明的示例,提供这些描述用于示出本文的几个示例原理,并不旨在将本发明限制为电磁频谱的任何具体的一部分。

[0071] Ben-Shmuel等人的通过引用结合在此的两个PCT专利申请号W02007/096877(‘877)和W02007/096878(‘878)(两个都在2007年8月3号公开)公开了用于电磁加热的方法和装置。一些公开的方法包括以下步骤:将待加热的对象放置到腔中,并且通过多个馈源在多个频率供应UHF或微波能量到腔中。

[0072] 在2008年8月28日公开的Ben Shmuel等人的通过引用结合在此的PCT专利申请号W02008/102,360(‘360)尤其公开了一种用于烘干对象的方法,包括施加宽带RF能量到腔中的对象,其受控方式为将对象保持在所期望的时间温度计划表内和在所期望的空间廓线内的;并且当至少估计达到所期望的烘干水平时终止烘干。

[0073] 在2008年8月28日公开的Ben Shmuel等人的通过引用结合在此的PCT专利申请号W02008/102,334(‘334)尤其公开了一种冷冻物体或物体的一部分的方法。该方法包括将物体的至少一部分暴露在具有低于物体的冷冻点的温度的冷却剂,并且同时操作电磁加热器,用于将物体的至少一部分保持在高于其冷冻点的温度;并且减少电磁加热以允许物体的至少一部分冷冻。电磁加热器包括一个谐振器;并且该物体的受热部分在谐振器内加热。

[0074] ‘877、‘878及‘334申请的上述方法考虑了在每个发射频率的耗散率和在频率可以在该频率发射的功率的最大量。该方法有时旨在推断有待在每个频率发射的能量的量以便仅耗散所期望的能量的量。

[0075] ‘877、‘878及‘334申请的上述方法进一步公开了仅(或主要)主要负载中耗散的频段中发射功率的选项。例如可以使用此类发射以避免或显著减小表面电流中或在多个馈源(即天线)之间的耗散。例如可以执行该发射以便在对象中耗散的功率对于所有发射频率而言基本上是恒定的(这可以定义为负载中的均匀的能量耗散模式)。这种发射允许负载中每个频率基本上相等的能量耗散,而不管负载的成分和/或几何形状,同时供应的功率和能量传输的效率对于不同的频率而言可以不同。

[0076] 根据本发明的一些实施方案,提供了一种方法,用于以多个频率或MSE的频谱辐射负载,测量所产生的反射和耦合频谱(“RC频谱”),随着其在辐射的过程中修改时从RC频谱推断负载的频谱耗散,并且响应于改变的耗散频谱修改辐射频谱。负载的“频谱耗散”或“耗散信息”可以理解为负载中的多个发射频率或MSE的耗散率。

[0077] 可替代地或附加地,通过动态地调节用于控制在一个负载循环中在每个发射频率耗散到负载中的能量的量的一个或多个参数来执行修改辐射。该调节基于从负载中获得的频谱信息。频谱信息可以包括和/或来源于RC频谱、装置的全S参数、负载的频谱耗散、负载中的发射频率或MSE的耗散率、与耗散峰值相关联的Q因数、和/或在每个此类频率或MSE可以发射到腔中的最大功率中的一个或多个。用于控制加热的此类参数可以是或包括对每个频率分配的时间和/或对每个频率及类似分配的功率。

[0078] 根据本发明的一些实施方案,调节每个频率或MSE的发射时间以便在任何给定的频率或MSE耗散所期望的能量到负载中。在此类协议中,发射时间可以通过为此类频率或MSE分配更多的时间来补偿具有相对低的能量耗散率和/或较低最大功率的情况(例如若在一个给定的循环中对于此类频率期望较高的相对能量发射)。可以控制在一个给定的频率或MSE耗散到负载中的能量以实现负载中的所期望的耗散模式。因此,期望的能量例如可以是每个频率或MSE的一个绝对值或相对值(相比较于另一个发射频率或MSE)或两者的组合。其还可以相关于在多个频率或MSE中所耗散的能量的总量和在它们之间的模式(相对耗散

率)。负载中的耗散模式意味着一个负载中需要耗散的能量的相对和/或绝对量,该负载在每个频率或多个频率或MSE暴露于辐射。该模式可以是频率或MSE相关的(例如通过一个频率或MSE耗散给定的或相对的量)和/或场所相关的(例如耗散给定或相对的量到负载中的一个场所)或频谱信息的另一个参数或特征(可能在整个工作频段中)。例如,耗散模式可以是均匀的(本质上通过多个频率或MSE和/或在多个场合耗散相同量的能量)。例如,对于均匀的能量耗散而言,在一个加热循环中对于每个频率的所耗散的能量值的绝大多数(例如51%或更多、60%或更多、80%或更多、或甚至95%或更多)必须是类似的(例如最大差低于平均值的40%、20%、10%、5%)。在其他的模式中,可以存在不同的关系。例如,在一些可以用于融化的协议中,对于具有高耗散率的多个频率或MSE而言负载中可以耗散相对少量(若有)的能量,而对于具有低耗散率的多个频率或MSE而言负载中可以耗散相对大量的能量。能量耗散模式可以包括以下各项中的一个或多个:(a)负载中的均匀的能量耗散,(b)负载中受控的、非均匀的能量耗散,或(c)其组合。耗散模式可以在每个辐射循环中选择或可以从多个循环或甚至在整个过程中选择。

[0079] 相比较于在每个频率或MSE(例如其中每个频率或MSE的发射时间是固定的)仅调节功率输入,时间调节的方法可以实现整个过程时间的减少,因为更高的功率水平(至少在一些频率或MSE中)变得可能。可选地,在所有频率或MSE发射最高功率水平(作为功率或MSE的函数),这将(对于给定的频谱情形和电源)能量耗散率最大化,因此将时间最小化。在加热过程中,例如在每个负载循环之前和/或在多个负载循环之前和/或之后可以执行一次或多次时间控制,并且可以基于从腔和/或负载获得的频谱信息或耗散信息。该控制可以包含例如在不同频率或MSE上的装置的控制以确保以按需要的功率和持续时间发射每个频率或MSE。有时,控制还包含例如在循环之间的发射模式的改变,并且有时还包含对应的计算和/或做决定过程。

[0080] 附加地或可替代地,在每个发射频率或MSE为该频率或MSE发射最大可能的功率,同时为该频率或MSE控制发射周期。此类发射导致在给定的频率或MSE耗散期望的能量的量到负载。此类发射导致所耗散的功率的增加或甚至最大化(或到负载的能量传递的速率)同时实现期望的能量耗散模式。附加地或可替代地,实现了使用给定的能量耗散模式用于耗散任何给定的能量的量所需要的时间的减少或甚至最小化。出乎意料地,在频谱上仔细选择的多个频率或MSE以最大可能功率的能量传递不会对象造成损坏,尽管在一个频率或MSE的能量传递会影响随后发射频率或MSE的负载的耗散。

[0081] 根据本发明的一些实施方案,在动态地选择出现在每个循环中的多个频率或MSE的同时,对于一个负载循环中的所有发射频率或MSE而言,为每个频率或MSE的发射所分配的时间是固定的,以便根据从腔和/或负载获得的频谱信息和/或耗散信息在许多循环上求和可以提供期望的耗散模式。在图5及其相关联的描述中更详细解释了本实施方案。

[0082] 根据本发明的一些实施方案,在一系列负载循环上动态地调节功率的同时,对于在一个负载循环中的所有发射频率或MSE而言为每个频率或MSE的发射所分配的时间是固定的,以便在一系列循环(一组预先确定的循环)上实现期望的加热模式。在此类情况中,在该循环组内有可能重复循环发射每个频率,直到通过该频率或MSE耗散了期望的能量。在该组循环内,对于这些循环中的至少一部分而言用于每个频率或MSE的发射功率可以是最大的,以便全部通过该频率或MSE耗散期望的能量的量。有时,这意味着在一组内的循环的一

些中以最大功率和在一组内的一个或多个循环以较低的功率(或甚至一点也没有)发射频率或MSE。功率的控制可以基于从腔和/或负载获得的频谱信息和/或耗散信息。

[0083] 可以参考附图和所附说明更好地理解根据本发明的设备和方法的原理和操作。

[0084] 在详细解释本发明的至少一个实施方案之前,应理解本发明不限于在如下说明中提出或在附图中描述的构造细节和组件排列的应用。本发明能够在其他的实施方案中或以各种方式实施或执行。此外,应理解在本文中使用的短语和术语仅用于描述而不能视为限制。

[0085] 图1A示出了根据本发明的一个第一实施方案的一种通过一系列频率辐射负载的方法的简化示意图。根据本发明的一些实施方案,提供了一种对一系列发射频率中的每个频率的发射时间进行调节以便在该给定的频率耗散期望的能量到目标中的方法。每当频谱信息和/或耗散信息被更新时或者在每个负载循环或者在几个负载循环或甚至在一个负载循环期间,可以根据频谱信息和/或耗散信息推断(并且因此控制)针对每个频谱的发射时间量。现参考方框2,其中提供了有待发射到负载的多个频率。这些频率有时是预先确定的,但更通常地是,可以在辐射过程期间(例如基于频谱信息和/或耗散信息)对其进行动态地选择。在方框4中,确定每个所选择的频率的发射持续时间。对每个频率的发射时间进行调节,以便在给定的循环(或多个循环)期间在任何给定的频率耗散期望的能量(绝对或相对)到负载中。在方框6中,辐射负载以便在持续时间期间发射在方框2中设置的所选择的频率中的每个频率。

[0086] 现参考图1B,图1B的简化流程图示出了根据本发明的一些实施方案的一种用于向负载提供受控的能量辐射的方法,并且示出了来自负载和/或腔的反馈可以如何用于设置各个频率的发射时间。通常,负载具有能量耗散信息,该能量耗散信息不是静态的而是取决于负载的当前状态而改变。

[0087] 更一般地,不同的材料(或具有变化的特性的材料)典型地具有可变的吸收特性(例如由于是由具有不同相位的多种材料或一种材料组成)。此外,吸收特性通常是对象中的材料的温度和/或相位的函数。因此,随着对象的温度和/或相位改变,对象的吸收特性可以改变,并且该改变的速率和大小可以取决于在对象中的一种或多种材料的特性。此外,对象的形状也与具体的频率下的其吸收特征相关。例如不规则形状的对象可以展现为不规则的电磁能量吸收。所有这些因素使得控制在对象中的电磁能量的吸收更困难。

[0088] 在方框32中,使用频率的辐射频谱来辐射腔。在方框34中,测量所产生的RC频谱。可以执行方框32和34中示出的步骤以便测量本身不会发射大量的能量到负载。这可以在将具有很少或不具有加热作用的低功率来实现,但是将足以获得反射频谱。可替代地,可以通过以较高的功率但是在非常短的时间(例如1、10、100、或者甚至1000毫秒)期间进行发射来测量频谱信息(或者耗散信息)。反射频谱尤其指示对每个发射频率和整个发射频谱的耗散信息或特征。在方框36中,推断负载的当前的耗散信息。

[0089] 在方框38中,将频率的辐射频谱设置为符合之前的步骤中推断的耗散信息。该设置可以包括设置发射频率的选择和/或设置发射功率和/或时间以符合耗散信息,并且可以包括需要根据耗散信息来设置这些参数所需的必要的计算步骤。当在为这些频率设置的持续时间发射所有频率时,一个负载循环结束,而新的循环可以开始。可以认定该负载循环包括多个发射循环。

[0090] 之后,可以停止在方框38中的辐射并且可以重复该过程(方框32-38),从而对发射时间进行动态地重新设置,以在加热期间符合RC频谱(或耗散频谱)中的改变。因此,可以辐射负载,以达到期望的耗散模式。响应于频段中的每个频率的对应的耗散率可以调节在不同的频率发射的能量的相对量。可替代地,响应于频段中的所有频率的耗散率的函数或微分,可以调节发射的能量的相对量,从而影响负载中的能量分布模式。

[0091] 现参考图1C,该简化流程图是一种通过对每个频率在其中被发射的时段进行调整来控制每个频率负载中所耗散的能量的量的方法。在方框42中,在负载循环中使用一系列频率,通过UHF或微波辐射辐射负载。可以在非常短的发射时间期间以相对较低的功率和/或以较高的功率完成该步骤,以便该信息可以通过非常少的能量传递获得(因此,对耗散信息造成较少的影响或者不产生影响)。在方框44中,从负载获得耗散信息。在方框46中,基于期望的能量发射模式来为每个频率选择能量水平。这可以例如基于对应的耗散水平和对该负载的总的期望的能量耗散。在方框48中,至少通过选择相应的频率在其中被发射的负载循环中的对应的持续时间来设置负载循环。典型地,给定的功率是在该频率下的最大可能的功率,并且根据对该频率的耗散率发射所设置的能量的量。在方框49中,根据负载循环来辐射负载。其后可以再次跟随具有新一轮的负载循环修改的方框42。可以从预先确定的能量耗散信息(例如基于该设备或者具有类似的负载的类似设备的先前操作于鸡蛋或者用于加热水的期望的耗散信息)来获得最初的能量耗散信息(或者实际上整个耗散模式)。通过至少改变负载循环内的对应的频率在其中被发射的对应的持续时间对负载循环进行修改。负载循环可以包括用于辐射负载的频率和在相应的频率发射的功率。可以将每个频率的能量限制于这些循环内。该限制可以是基于经允许用于执行这些循环的对每个频率的最大累计时间功率组合,或者基于经允许的对每个频率的最大能量。

[0092] 如在本文其它地方指出,不是所有发射能量都是由负载实际耗散的(或吸收的)。由负载吸收的发射能量比例通常对于不同的频率和不同的负载而改变。若存在多余的发射能量,则可以将其反馈到馈源或者耦合到另一个馈源。

[0093] 图2是描述对发射能量的量进行控制的示例性流程图。在方框21中,可选地对能量耗散模式进行选择。在方框22中,(例如通过如上所述发射低能量扫频)从负载获得耗散信息。在方框23中,分析耗散信息。在方框24中,选择每个有待发射的频率、频率/时间/功率(FTP)三者检测以执行所选择的配置。在下文更详细解释了一种用于选择以上三者的方法。对所有频率或多个频率而言,FTP三者中的一个或多个可以是固定的。在方框25中,根据FTP三者来将能量发射到负载。可以在具有或不具有新的信息获取步骤和分析步骤的情况下重复方框21到25中所描述的过程。方框26描述了可以是自动的终止。自动终止可以在设定的能量的量被耗散以后或者在给定的时间过期之后,或者基于可以是湿度/温度/体积/相位改变等的感测输入。终止也可以是手动的。

[0094] 在下文中,将期望在单位时间内对给定的耗散率在给定的频率下在负载中耗散的功率量定义为 $dp_1(f)$ 。功率意味着对每单位时间所耗散的能量。可以例如通过使用不同的峰值功率、不同的负载循环和/或以不同的速率进行发射来对不同的频率提供不同量的能量。例如,能够以给定的振幅但是不同的速率和/或脉冲之间的延迟来对不同的频率提供功率。

[0095] 在功率调节的加热中,对于循环中的所有发射频率而言,分配给每个频率的发射

时间是固定的,但是在频率之间功率可以改变。当期望在所有频率(或者给定的频率范围)具有均匀的功率耗散时, $dp1(f)$ 被选择为对于所有发射频率而言相同的。在这些情况下,在具有不同的耗散率的不同频率发射不同的功率,以影响在对应的频率耗散的基本均匀量的能量。

[0096] 可以将(使用给定的电源,例如RF功率放大器)在单位时间内负载中耗散的最大功率量定义为 $ep(f)$ ,其是在该频率的耗散率的函数( $dr(f)$ )和在该频率可以从电源得到最大功率( $P_{max}$ )。因为(在功率调节加热中)对于所有发射频率而言分配给每个频率的发射时间是固定的,因此对于一些频率而言,可能不能在时隙内耗散较高的期望量的能量(即其中 $ep(f) < dp1(f)$ )。选择较低的 $dp1(f)$ 可以增加可以在其中耗散期望量的功率( $dp1$ )的频率的数量( $ep(f) \geq dp1(f)$ ),并且因此在负载的更多部分中耗散期望量的能量。然而,这将是能量耗散的速度为代价的。选择较高的 $dp1$ 可以增加加热的速度,这是因为在给定的时隙内耗散了更多的能量,但是也可能引起实际的能量耗散与所选择的能量耗散模式的较高偏离,其原因在于,更多的频率具有 $ep(f) < dp1$ ,并且因此可以只接收最大可用的能量,对于在该情况下的那些频率而言,该最大可用的能量低于 $dp1$ 。应注意,通过修改腔的特征(例如,通过移动场调节元件和/或移动负载),可以修改频谱信息和/或耗散信息,以便例如给定的 $dp1(f)$ 可以在更多频率下发射,从而在给定的均匀水平实现加热速率的增加。

[0097] 在时间可调的加热中,分配给每个频率的发射时间在一个循环内的发射频率之间可以是不同的,并且可选地,发射功率在频率之间也可以改变。当期望在所有或一些频率具有均匀的或基本均匀的功率耗散时, $dp1(f)$ 被选择为对于所有发射频率而言是相同的。通过使用该方法,不同的时间可以用于以相同的和/或不同的发射功率在不同的频率进行发射,但是由于不同的耗散率,因此负载中实质上耗散了相同量的功率。

[0098] 因为在时间可调的加热中,分配给每个频率的发射时间可以改变,因此,例如,与在功率可调的加热相比,为了补偿 $ep(f)$ 中的差别,在给定的 $dp1(f)$ 更多的频率可能是有用的。实际上,当与在与功率可调的加热的类似的情况下可达到的耗散模式和时间相比时,在时间可调的加热中,耗散模式和时间实际上是不受限制的。还可以施加其他限制,如下文详细描述,这些限制可以防止使用具有过高或过低耗散率和/或 $ep(f)$ 的频率。因此,在时间可调的协议中,例如通过移动场调节元件和/或移动负载来修改腔的特征可以用于修改频率的数量(或比例),这可以用于影响期望的耗散模式。

[0099] 根据一些实施方案,可以提前设置在任意给定的发射循环中在负载中耗散的期望的能量的总量。也称为负载循环的发射循环是根据期望的能量耗散模式的一组发射,这组发射包括在工作频段中使用的同时或者相继地发射的所有频率。在循环中,就上述的一组循环而言,可以将频率发射一次或者多于一次,以影响能量耗散模式。例如,循环可以实现为扫频,其中,每个频率被发射一次,和/或实现为脉冲,其中多个频率同时被发射或者使用本领域公知的方法和/或任何其它方法发射。循环可以是发射频谱参数的重新设置事件之间的总能量发射。单个加热协议可以实现为单个发射循环(特别是当期望的能量耗散较小时)或者多个发射循环。

[0100] 根据用于时间可调的加热的一些实施方案,可以选择发射功率的下限,以例如防止由于需要以较低的 $ep(f)$ (例如最大 $ep(f)$ 值的50%或更小、20%或更小、10%或更小,或者甚至3%或更小)进行发射或者当 $ep(f)$ 低于预先确定绝对值时而造成的循环的过渡延

长。该功率限制在此可以定义为 $bp1$ 。 $tp1(f)$ 表示可以在给定的频率由设备发射的以耗散 $dp1$ 的功率。因此， $tp1(f)$ 是 $dp1$ 的函数，其为可以由设备以给定的频率和的耗散率( $dr(f)$ 在该频率下)发射的最大功率量。与 $tp1(f)$ 较高相比，(对相同的 $dp1(f)$ )当 $tp1(f)$ 较低时，为了具有耗散的 $dp1(f)$ 所需的时间更长。在 $tp1(f) < bp1$ 的情况下，加热协议可以因此被调节，以限制在这些频率耗费的时间量。例如，具有低于 $bp1$ 的 $tp1(f)$ 的频率可以被忽略，换言之，根本不会被发射，或者可替代地，其可以在有限的时间段内发射。因此，例如对 $ep(f) = bp1$ 的加热时段。

[0101] 根据一些实施方案，最大发射功率量被限制，例如，以防止对设备的损坏。通过对 $tp1(f)$ 设置最大限制来执行该限制。在较低的耗散频率，该限制可能具有更大的重要性，在所述频率，发射功率的未负载中耗散的一部分较大。可以拖将保护测量添加到设备的不同部分来减小该限制的作用，例如，用于发射的功率负载的冷却方法。控制器可以被配置为防止在发射功率负载中耗散的功率超出预先确定上限。可以通过计算返回或耦合功率或者通过测量温度或者本领域公知的任何其他装置方式来实现这种配置。

[0102] 根据一些实施方案，可以给由于任何原因而被允许发射到腔内的功率水平施加上限，其包括例如防止对设备的损坏并且防止来自设备的过多辐射。该限制被称作 $utp1$ 。在表1中描述了根据该限制的发射( $tp1'(f)$ )。

[0103] 

表 1
-----

$$tp1'(f) = \begin{cases} utp1 & tp1(f) > utp1 \\ tp1(f) & \text{否则} \end{cases}$$

[0104] 根据一些实施方案，可以对经允许有待在负载中耗散的功率水平施加上限，以防止对负载和/或设备的损坏和/或防止来自设备的过多的辐射或者任何其它原因。在该情况下，上限在本文中被称作 $up1$ 。在表2中对限制进行定义，其中， $gl(f)$ 表示在每个频率下在负载中耗散的功率，而不论 $up1$ 如何，并且 $gl'(f)$ 表示当考虑 $up1$ 时在每个频率下在负载中耗散的功率。

[0105] 

表 2
-----

$$gl'(f) = \begin{cases} up1 & gl(f) > up1 \\ gl(f) & \text{否则} \end{cases}$$

[0106] 最后，有时可以使用 $up1$ 、 $utp1$ 和 $bp1$ 中的两个或者更多个。

[0107] 用于选择FTP的示例性方法：

[0108] 给定频率下的耗散率 $dr(f)$ 具有0到1之间的可能值，并且可以根据测量的功率并且使用本领域公知的测量的S参数来进行计算，如方程1所示。

[0109] 
$$dr_j(f) = \frac{P_{incident,watt}^j(f) - \sum_i P_{returned,watt}^i(f)}{P_{incident,watt}^j(f)} = 1 - \frac{\sum_i P_{returned,watt}^i(f)}{P_{incident,watt}^j(f)}$$

[0110] 假定 $P_{maximum,j,watt}$ 是在每个频率可以从放大器得到的最大功率，可以在每个频率下在负载中耗散的最大功率(被描绘为 $ep_j(f)$ )被计算如下。

[0111] 
$$ep_j(f) = dr_j(f) P_{maximum,j,watt}(f)$$

[0112] 在任何给定的耗散循环中， $gl(f)$ 表示将在每个频率下在负载中耗散的功率， $dp1(f)$ 被定义为期望将在给定的频率下在负载中耗散的功率量，并且因此在表3中描述了耗

散。

[0113] 表-3  $g_l(f) = \begin{cases} dpl(f) & \rightarrow dpl(f) \leq ep(f) \\ ep(f) & \rightarrow \text{否则} \end{cases}$

[0114] 注意： $g_l(f)$  (和 $ep(f)$ 和 $dpl(f)$ )是有待在负载中耗散的功率；有待在每个频率( $tpl(f)$ )由设备发射的功率是 $g_l(f)$ 和 $dr(f)$ 的函数,如表4中所描述。

[0115] 表-4  $tpl(f) = \frac{g_l(f)}{dr(f)}$

[0116] 在 $bpl$ 被应用以对小于 $bpl$ 的 $tpl(f)$ 值防止发射的情况下,因此在表5描述了实际的发射( $ttl'(f)$ )。

[0117] 表5  $tpl'(f) = \begin{cases} 0 & \rightarrow \rightarrow \rightarrow tpl(f) < bpl \\ tpl(f) & \rightarrow \rightarrow \rightarrow \text{否则} \end{cases}$

[0118] 发射时间的计算:

[0119] 在本发明的一些示例性实施方案中,选择了一个基本时间步骤(在下文中称作**bts**(例如,10毫微秒))。基本时间步骤通常是控制每个频率的发射时间的控制器的特征,并且以时间为单位定义了发射频率之间的最大分辨率。 $ttd(f)$ 是一个数值,其定义了发射 $tpl(f)$ 所需的以**bts**为单位测量的时间。 $ttd(f)$ 可以计算如下:

[0120]  $ttd(f) = \frac{tpl'(f)}{ep(f)/dr}$

[0121] 因此,最小发射时间可以计算为 $ttd(f)$ 和**bts**的函数。有时,可能期望施加将发射至少有意义的能量的量的循环时间,或由于任何其他原因该循环时间不会非常短。因此,可以引进一个时间伸缩常数(**tsc**)以增加在上述最小值之上的循环时间,从而按照以下公式计算对于每个频率( $att(f)$ )的实际发射时间:

[0122]  $att(f) = ttd(f) * bts * tsc$

[0123] **tsc**可以用于增加/减小循环持续时间。这对于一个设备而言可以是固定值,或者可以对于设备的不同操作协议而言或者根据负载的特征来设置不同的固定值,或者时不时地在操作循环期间(例如,根据对针对在每个循环发射的总能量的限制)被调节等。实际上,有时,增加**tsc**的值可以被使用以发射较低的 $dpl(f)$ 值,其可能增加能量发射过程的总持续时间,但是可能更精确地提供期望耗散模式。

[0124] 应注意,将给定的发射时间总量( $att(f)$ )分配给每个频率,从而不一定连续地发射该时段。相反地,可以将发射循环分解为多个循环,其中,可以在与 $att(f)$ 相比更短的时段期间对发射频率中的一些或全部进行发射,同时将针对每个频率的总发射时间维持在 $att(f)$ 。

[0125] 时间减小的例证:

[0126] 示例性描述是基于两个发射频率 $f_1$ 和 $f_2$ ,并且设备的最大发射功率 $P_{\text{maximum}} = P_1 > P_2$ 。

根据基于调节发射功率的所选择的功率发射协议,  $P_1$ 是在 $f_1$ 发射的, 并且 $P_2$ 是在 $f_2$ 发射的, 它们各自持续固定的时间段 $t$ 。在该情况下, 用于发射 $E_1$ 和 $E_2$ 的总时间是 $2t$ 。

$$[0127] \quad E_1 = P_1 t$$

$$[0128] \quad E_2 = P_2 t$$

$$[0129] \quad t_{\text{total}} = 2t$$

[0130] 根据基于调节能量在其中发射的时间的所选择的功率发射协议,  $P_{\text{maximum}}$ 是在 $f_1$ 和 $f_2$ 二者下发射的。在该情况下, 如下计算用于发射 $E_1$ 和 $E_2$ 的总时间:

$$[0131] \quad E_1 = P_{\text{maximum}} t_1 = P_1 t$$

$$[0132] \quad E_2 = P_{\text{maximum}} t_2 = P_2 t$$

[0133] 因为 $P_{\text{maximum}} = P_1$ , 所以 $t_1$ 必须等于 $t$ 。但是因为 $P_{\text{maximum}} > P_2$ , 所以 $t_2$ 必须小于 $t$ :

$$[0134] \quad t_2 = t - \delta$$

$$[0135] \quad t_{\text{total}} = t_1 + t_2 = t + (t - \delta) = 2t - \delta < 2t$$

[0136] 图3示意性地描述了根据本发明的一个实施方案的设备10。所示的设备10包括腔11。所示的腔11是由导体例如诸如铝等金属制成的圆柱腔。然而, 应理解本发明的一般方法不限于任何具体的共振腔形状。腔11或者由导体制成的任何其他腔作为谐振器进行操作, 以得到具有高于截止频率(例如, 500MHz)的电磁波, 所述谐振频率可能尤其取决于腔的几何形状。基于几何形状确定截止频率的方法在本领域中是公知, 并且可以被使用。

[0137] 负载12(a/k/a一个对象)放置在可选地在支撑元件13(例如微波炉板)上可以为法拉第罩的腔中。在本发明的示例性实施方案中, 腔11可以包括一个或多个馈源14, 这个或这些馈源可以用于向腔中发射能量, 以便在存在负载的情况下在一系列频率中谐振。该能量是使用本领域公知的任何方法和手段来发射的, 例如使用固态放大器。馈源14中的一个或多个并且有时全部也可以在操作期间使用一次或多次, 以在RF频率的给定频段内获得腔的频谱信息和/或负载的耗散信息, 从而确定作为工作频段中的频率的函数的腔的频谱信息, 例如负载的耗散信息。该信息由控制器17收集和处理, 如下将详细描述。

[0138] 控制器17可以包括至少一个处理器, 该处理器被配置为执行与本公开的实施方案相关联的指令。如在本文中使用, 术语“处理器”可以包括执行一个输入或多个输入上的逻辑操作的一个电路。此类处理器可以包括一个或多个集成电路、微芯片、微控制器、微处理器、中央处理单元(CPU)的全部或一部分、图形处理单元(GPU)、数字信号处理器(DSP)、现场可编程门阵列(FPGA)、或适用于执行指令或执行逻辑操作的其他电路。

[0139] 腔11可以包括或在一些情况中定义一个能量应用区域。此类能量应用区域是可以施加电磁能量的任何空穴、位置、区域、或区域。其可以包括一个洞, 或可以填充或部分地填充有液体、固体、气体、等离子体、或其组合。仅通过举例, 能量应用区域可以包括允许电磁波的存在、传播、和/或共振的封闭罩的内腔、部分封闭罩的内腔、开放的空间、固体、或部分固体。用于本公开的目的, 所有此类能量应用区域可以被称为腔。若一个对象的至少一部分位于该区域中或对象的某个部分接受所传递的电磁辐射, 那么该对象被视为“在能量应用区域中”。

[0140] 如在本文中使用, 术语辐射元件和天线可以广泛地指任何结构, 从该结构中可以进行辐射和/或接收电磁能量, 而不管该结构是否原本设计为辐射或接收能量的目的, 并且不管该结构是否用于任何附加的功能。例如, 辐射元件或天线可以包括孔形/槽形天线, 或包括

共同地、或同时、或以受控的动态相位差(例如相位阵列天线)发射的多个终端的天线。根据一些示范性实施方案,馈源14可以包括供应能量到电磁能量应用区域的一个电磁能量发射器(在本文中称为“发射天线”)、从该区域接收能量的一个电磁能量接收器(在本文中称为“接收天线”)、或发射器和接收器两者的组合。

[0141] 供应到发射天线的能量可以导致通过发射天线发射的能量(在本文中称为“入射能量”)。入射能量可以被输送到能量应用区域,并且可以是通过一个能量源供应到天线的那个入射能量具有相等的量。入射能量的一部分可以由对象耗散(在本文中称为“耗散能量”)。另一部分可以在发射天线反射(在本文中称为“反射能量”)。反射能量例如可以包括由于对象和/或能量应用区域造成的失配导致的反射回到发射天线的能量。反射能量还可以包括由发射天线的端口保留的能量(即由天线发射的能量不会流到该区域中)。入射能量的剩余部分而不是反射能量和耗散能量可以发射到不同于发射天线的的一个或多个接收天线(在本文中称为“接收能量”)。因此,供应到发射天线的入射能量(“I”)可以包括耗散能量(“D”)、反射能量(“R”)、及发射能量(“T”)的所有,它们关系可以使用如下公式在数学意义上表示: $I=D+R+\sum T_i$ 。

[0142] 根据本发明的某些方面,该一个或多个发射天线可以输送电磁能量到能量应用区域。由发射天线输送到区域中的能量(在本文中称为“输送能量”或“d”)可以是由天线发射的入射能量减去在相同的天线处的反射能量。即,该输送能量可以是从发射天线流到该区域的净能量,即 $d=I-D$ 。或者,该输送能量还可以表示为耗散能量和发射能量的总和,即 $d=R+T$ 。

[0143] 在本发明的示范性实施方案中,腔11还包括一个或多个传感器15。这些传感器可以给控制器17提供额外的信息,其包括例如由一个或多个IR传感器、光纤或电传感器所检测的湿度、重量等。另一种选择是使用嵌入到或者附加到负载的一个或多个内部传感器(例如,W007/096878中公开的光纤或TTT)。

[0144] 可替代地或附加地,腔11可以包括一个或多个场调节元件(FAE)16。FAE是可以影响其频谱信息(或者耗散信息或RC频谱)或者可从其得到的信息的腔内的任意元件。因此,FAE 16可以是例如腔11内的任何负载,包括腔内的一个或多个金属部件、馈源14、支撑元件13以及甚至负载12。FAE 16的位置、方向、形状和/或温度是可选地由控制器17控制的。在本发明的一些实施方案中,控制器17可以被配置为执行几次连续的扫描。每次扫描是使用不同的FAE特性来执行的(例如,改变一个或多个FAE的位置或方向),以便可以推导不同的频谱信息(例如,耗散信息或RC频谱)。然后,控制器17可以根据所获得的频谱信息来选择FAE特性。可以在向腔内发射RF能量之前执行这些扫描,并且可以在设备10的操作期间进行多次扫描,以便调节发射的功率和频率(并且有时还调节FAE特性),从而改变在操作期间出现在腔中的功率和频率。

[0145] 有时,FAE被控制和/或负载被旋转或移动,以便可以获得更有用的频谱信息(例如,耗散信息或RC频谱),用于选择性的辐射和/或设置诸如 $dp1$ 等辐射参数(以及在本文中定义的其它辐射参数中的任意一种辐射参数),例如如下所述。可选地或可替代地,可以周期性地和/或基于所获取的频谱信息的质量或其它特性来操纵负载和/或FAE。可选地,选择允许选择最高 $dp1(f)$ 的设置。

[0146] 虚线描绘了到控制器的信息的示范性传送。直线描绘了由控制器17施加的控制的

示例(例如,有待由馈源14发射和/或指示FAE 16的特性的功率和频率)。可以通过本领域公知的任何手段来发射信息和/或控制,包括有线通信和无线通信。

[0147] 控制器17还可以用于通过改变相应的频率在其中被发射的对应的持续时间来调节每个频率的能量。

[0148] 图4a和图4b描绘了表示在执行负载循环之前调节参数以便在多个频率耗散相同量的能量的两个示例的示例性图形。图4A表示功率可调的方法,而图4B表示时间可调的方法。在该示例中,时间可调的方法是在执行负载循环同时维持每个发射频率的固定量的功率之前调节每个频率所分配的时间量的方法,并且时间可调的方法是在执行负载循环同时维持每个固定的频率所分配的时间之前调节每个频率的功率量的方法。

[0149] 图4A和图4B中的虚线分别表示可以在每个频率下在负载中耗散的最大功率( $e_p(f)$ )。如图所示,在两个附图中,最大耗散功率( $e_p(f)$ )是相同的。在两个附图中,引入了一个称作 $mp1$ 的限制因素,其表示最大的功率水平,当大于该最大功率水平时,耗散被抑制。在图4A中,用于每个频率的发射时间是固定的,而选择有待在每个频率耗散的功率是相同的,并且被选择为 $dp1$ (例如,基于以最大功率进行加热与使用具有至少等于 $dp1$ 的 $e_p(f)$ 的大量频率之间的折衷)。可以看出,具有 $e_p(f) < dp1$ 的一些频率未被发射,并且低于其 $e_p(f)$ 仅发射了几个频率。在表示时间可调的方法的图4B中,除了具有 $e_p(f) > mp1$ 的频率,大多数频率以对应的 $e_p(f)$ 被发射。图4B中的表示 $dp1$ 的线示出了与图4A中似乎相同的 $dp1$ 线,并且其被提供以仅用于对这两个图形进行比较。

[0150] 图5是根据本发明的实施方案选择在每个循环中出现的频率的示例性场景。在该示例中,在每个循环中每个频率所分配的时间是固定的,并且调节是通过确定在哪个负载循环中出现哪个频率来实现的。这种调节考虑了在每个频率发射的所期望的能量百分比。某一频率可以出现在所有负载循环中,以提供其百分之百的最大能量,而另一频率可以出现在多个负载循环之一(例如,3个中的1个)中,以实现其最大能量输出的一部分(在前面所述的示例中的三分之一)。若选择不发射频率或者发射频率但是低于这些循环中的一些循环的全功率,则可以实现增加的分辨率。在方框42中,在负载循环中使用一系列频率通过UHF或微波辐射来辐射负载。在方框44中,从负载获取耗散信息。在方框46中,基于对负载的对应的耗散水平和期望的能量耗散为参与当前的负载循环的每个频率选择能量水平。在方框48中,通过改变在负载循环中出现的频率来修改负载循环。在方框49中,根据修改的负载循环来辐射负载,其后可以跟随有新一轮的负载循环修改的方框42。从预选的能量信息来获得期望的能量耗散。

[0151] 在另一个示例中,将功率作为多频率脉冲来提供,其中每个脉冲包括多个频率中的功率;每个脉冲中的频率和/或对脉冲中的频率的功率的振幅可以被选择,以应用期望的平均功率。

[0152] 现返回到如上引入的概念,应注意在某些实施方案中,该至少一个处理器被配置为确定指示在多个频率或MSE(该MSE概念将在后文详细描述)中的每一个下可由对象吸收的能量的值。可以使用一个或多个查找表来实现这一点,通过预编程处理器或与该处理器相关联的存储器,和/或通过测试在能量应用区域中的对象以确定其可吸收能量特征。进行此类测试的一个示例性方法是通过扫频或扫描。

[0153] 如在本文中使用的,单词“扫频”例如可以包括多于一个频率或MSE的随时间而变化

的发射。例如,扫频可以包括在邻近频率或MSE频段中的多个频率或MSE的顺序发射;在多于一个非邻近频率或MSE频段中的多个频率或MSE的顺序发射;单个非邻近频率或MSE的顺序发射;和/或具有期望的频率(或MSE)/功率频谱内容的合成脉冲的发射(即时间上的合成脉冲)。因此,在频率或MSE扫频过程中,该至少一个处理器可以调节供应到至少一个天线的能量以在各种频率或MSE下输送电磁能量到能量应用区域90,并且接收用来作为通过对象或负载110可吸收能量的指示符的反馈,如在图6中所示。虽然本发明不限于指示在对象中的能量吸收的反馈的任何具体的测量,在下文可以讨论各种示例性指示值。

[0154] 在扫频过程中,可以调节电磁能量应用子系统96以接收在一个或多个天线102处反射和/或耦合的电磁能量(例如包括馈源或天线14),并且通过接口130将所测量的能量信息传递回子系统92,如在图6中所示。可以包括一个或多个处理器的子系统92然后可以确定一个值,该值指示基于所接收的信息在多个频率或MSE中的每一个下由对象10可吸收能量。根据本公开的实施方案,指示可吸收能量的值可以是与多个频率或MSE中的每一个相关联的耗散率(在本文中称为“DR”)。在如在本文中引用,“耗散率”(也称为“吸收效率”或“功率效率”)可以定义为在由对象110吸收的电磁能量和供应到能量应用区域90中的电磁能量之间的比。

[0155] 可以由对象耗散或吸收的能量在本文中称作“可吸收能量”。可吸收能量可以是对象吸收能量的能力或设备促使能量在给定的对象中耗散的能力的指示符。在本公开的一些实施方案中,可吸收能量可以计算为供应到该至少一个天线的最大入射能量与耗散率的一个乘积。反射能量(即未吸收或未发射的能量)例如可以是指示由对象或其他负载吸收的能量的值。通过另一个示例,处理器可以基于所反射的入射能量的一部分和所发射的能量的一部分计算或估计可吸收能量。该估计或计算可以用作指示吸收能量的值。

[0156] 在频率或MSE扫频中,例如,该至少一个处理器可以被配置为控制一个电磁能量源以便在一系列频率或MSE下将能量连续供应到对象。该至少一个处理器然后可以接收指示在每个频率或MSE所反射的能量的信号,及可选地指示发射到其他天线的能量的信号。使用供应到天线的入射能量的已知的量和所反射和/或发射的能量的已知的量(即从而指示在每个频率或MSE吸收的量),可以计算或估计一个可吸收能量指示符。或者,该处理器可以简单地依赖作为指示可吸收能量的值的反映的指示符。

[0157] 可吸收能量还可以包括由对象位于其中的能量应用区域的结构所耗散的能量。因为在金属或传导材料(例如腔壁或腔中的元件)中的吸收以较大质量因数(也称为“Q因数”)为特征,此类频率或MSE可以被确认为耦合到传到材料,并且有时,可以选择不在此类频段中发射能量。在该情况中,在腔壁中吸收的电磁能量基本上较小,因此,在对象中吸收的电磁能量的量可以基本上等于可吸收能量的量。

[0158] 在本公开的实施方案中,可以使用如下公式计算耗散率:

$$[0159] \quad DR = (P_{in} - P_{rf} - P_{cp}) / P_{in}$$

[0160] 其中 $P_{in}$ 表示通过天线102供应到区域90的电磁能量, $P_{rf}$ 表示在那些作为发射器的天线处反射/返回的电磁能量,及 $P_{cp}$ 表示在作为接收器的那些天线处耦合的电磁能量。DR可以是在0到1之间的一个值,并且本公开的实施方案中,可以通过百分比数表示。

[0161] 例如,在包括天线1、2、3的三天线中,子系统92可以被配置为基于在扫频过程中测量的功率信息确定输入反射系数 $S_{11}$ 、 $S_{22}$ 、和 $S_{33}$ 以及传递系数 $S_{12} = S_{21}$ 、 $S_{13} = S_{31}$ 、 $S_{23} =$

S32。因此,根据如下公式,基于这些系数可以确定对应于天线1的耗散率DR:

$$[0162] \quad DR=1-(IS_{11}I^2+IS_{12}I^2+IS_{13}I^2)。$$

[0163] 对于一个具体的对象110,耗散率可以随着供应的电磁能量的频率或MSE而改变。因此,通过绘制与针对对应的频率或MSE的每个频率或MSE相关联的耗散率可以产生一个耗散率频谱。示例性耗散率(效率)频谱210和250分别如在图7和图8中描述。图7描绘了频率,并且图8描绘了对应于较高和较低耗散率的MSE。这两个图都展示了比其他更宽的耗散率峰值。

[0164] 图8示出了在一系列调制空间元素(MSE)上的耗散率频谱250。频谱250描绘了针对一系列具体的MSE的耗散率(DR)。频谱250可以包括某些区域,如局部峰值254,该局部峰值高于周围区域。局部峰值254可以指示在相应的MSE或MSE的范围处耗散的功率的较高百分比。曲线225可以表示在多个MSE上的能量耗散的期望的水平。基于在耗散率频谱250中包括的信息,可以确定在各种MSE施加能量的功率和/或所施加的能量的持续时间,以基本上实现期望的能量耗散水平225。

[0165] 现返回到图7,曲线210表示在一系列频率上的耗散率值的频谱。使用该信息,在该范围内在多个频率中的每一个下可以提供期望的功率水平以实现期望的能量应用廓线。曲线220表示在频带上所施加的功率水平。可以看出功率水平基本上与耗散率曲线210成反比。在图7中所示的示例中,400W表示可用于发射的最大功率。

[0166] 根据另一个示例性实施方案,该至少一个处理器被配置为调节子系统96(图6)用于测量在第一频率或MSE在发射天线处的入射能量的第一量;测量由于入射能量的第一量导致的在发射天线处反射的能量的第二量;测量由于入射能量的第一量导致的发射到接收天线的能量的第三量;以及基于第一量、第二量、及第三量确定耗散率。通过举例,该至少一个处理器可以被配置为测量在第一天线102处的入射能量的第一量,该第一天线作为在第一频率或MSE的一个发射器执行;测量测量由于入射能量的第一量导致的在第一天线102处反射的能量的第二量;测量由于入射能量的第一量导致的发射到作为一个接收器执行的第二天线102的能量的第三量;以及基于第一量、第二量、及第三量确定耗散率。

[0167] 该指示可吸收能量的值可以进一步涉及与功率放大器相关联的最大入射能量,该功率放大器在给定的频率下与子系统96相关联。如在本文中引用,“最大入射能量”可以定义为在整个给定的时间段在给定的频率可以提供到天线的最大功率。因此,指示可吸收能量的一个可替代的值可以是最大入射能量和耗散率的乘积。这些仅是可以是指示可吸收能量的值的两个示例,这些值可以单独或一起用作使用处理器实施的控制方案的一部分。可以取决于采用的结构和应用使用可吸收能量的替代标记。

[0168] 在某些实施方案中,处理器还可以被配置为促使能量供应到在多个频率或MSE的至少一个子集中的至少一个辐射元件,其中在频率或MSE的子集发射到区域的能量可以是在每个频率或MSE的可吸收能量的函数。例如,在频率或MSE的子集中的每一个供应到至少一个天线102的能量可以被确定为在每个频率或MSE的可吸收能量的函数(例如作为耗散率、最大入射能量、耗散率和最大入射能量的组合、或一些其他的指示符的函数)。在本公开的一些实施方案中,这种情况可以发生作为在一个频率或MSE扫频过程中获得的可吸收能量反馈的结果。即,使用该可吸收能量信息,该至少一个处理器可以调节在每个频率或MSE供应的能量以便在具体的频率或MSE的能量在某些方面可以是在该频率或MSE下可吸收能

量的指示符的函数。函数相关性可以根据应用而变化。对于可吸收能量相对较高的一些应用,可能期望使得该至少一个处理器实施促使在发射频率或MSE中的每一个的相对较低的能量供应的功能。例如当期望通过对象110的更均匀的能量分布廓线时,这可以是所期望的。

[0169] 对于其他的应用,可能存在期望使得处理实施促使相对较高的能量供应的功能。这可能对具有较高可吸收能量廓线的对象的目标专用区域是所期望的。也对于其他的应用,可能期望定制供应到对象110的已知或疑似能量吸收廓线的能量的量。仍然在其他的应用中,可以应用动态算法或查找表以根据至少可吸收能量以及或许一个或多个其他变量或特征来改变所施加的能量。这些不过一些有关在频率或MSE的子集中的每一个下发射到区域中的能量可以如何是每个频率或MSE下的可吸收能量的函数。本发明不限于任何具体的方案,而是可以包含通过考虑可吸收能量的指示符用于控制所供应的能量的任何技术。

[0170] 在某些实施方案中,在频率或MSE的子集中的每一个下供应到至少一个辐射元件的能量可以是在多个频率或MSE而不是供应能量的频率或MSE的可吸收能量值的函数。例如,在本公开的一些实施方案中,在争议的频率或MSE周围的一系列“邻居”频率或MSE的耗散率可以用于确定有待供应的能量的量。在本公开的一些实施方案中,排除与极低耗散率(例如这可以与金属材料相关联)相关联的某些频率或MSE的整个工作频带可以用于确定。

[0171] 在某些实施方案中,该处理器可以被配置为促使在多个频率或MSE的至少一个子集中将能量供应到至少一个辐射元件,其中在频率或MSE的子集中的每一个下发射到区域的能量反相关于在每个频率或MSE的可吸收能量。此类相反关系可以涉及总体趋势,当在具体的频率或MSE的子集(即一个或多个频率或MSE)中的可吸收能量的指示符倾向于相对较高,在该频率或MSE子集下的实际入射能量可以是相对较低。以及当在具体的频率或MSE的子集中的可吸收能量的指示符倾向于相对较低时,入射能量可以是相对较高。

[0172] 相反的关系可以甚至更接近相关联的。例如,在本公开的一些实施方案中,可以设定发射的能量以便其与可吸收能量的乘积(即由对象110可吸收的能量)在所施加的频率或MSE中是基本上恒定的。在任一情况中,发射能量的绘图总体上展现为指示吸收的值的相反图形(例如耗散率或耗散率与在每个发射频率可获得的最大入射功率的乘积)。例如,图7提供了根据本公开的一些实施方案构造和操作的装置的运行中采用的耗散率频谱210(虚线)和相应的入射功率频谱220(实线)的描绘的示例。在图7中所示绘图采用具有约400瓦特的最大入射功率的炉,其中放置了一块100gr的牛绞肉。在800MHz和1GHz之间一系列的频率扫频,并且基于该扫频供应能量,以便在牛肉块中实现基本上均匀的能量耗散。

[0173] 在某些实施方案中,该至少一个处理器可以被配置为调节所供应的能量以便当针对一系列频率或MSE上可吸收能量而绘制所供应的能量,该两个绘图倾向于彼此镜像。在本公开的一些实施方案中,该两个绘图可以是相互镜像的图像。在本公开的一些实施方案中,该绘图可以不是完全相互镜像,而是具有总体上相反的倾斜方向,即当在一个绘图中的对应于具体的频率或MSE的值相对较高而在另一个绘图中的对应于具体的频率或MSE的值相对较低时。例如,如图7所示,可以比较在发射能量的绘图(例如入射功率频谱220)和可吸收能量值(例如耗散率频谱210)的绘图之间的关系以便当发射能量曲线在曲线的至少一段上升时,可吸收能量曲线在相同的段上下降。此外,当可吸收能量曲线在该曲线的至少一段上升时,发射能量曲线将在相同的段下降。例如,在图7中,入射功率频谱220在900Hz-920Hz的

频率范围上升,而耗散率频谱210在该频率范围下降。有时,发射能量的曲线会达到最大值,在其之上不会增加,在该情况中在发射曲线中可以观察到稳定状态(或几乎稳定状态),而不管在该段中的可吸收能量。例如,在图7中,当入射功率达到400W的最大值时,入射功率基本上保持恒定而不管在耗散率中的变化。

[0174] 一些示例性方案会导致在对象110中的空间上更均匀的能量吸收。如在本文中使用的,“空间均匀性”是指一个条件,该条件是在整个对象或目标为能量应用的对象的一部分(例如选择的一部分)上的能量吸收是基本上恒定的。若在对象的不同的位置所耗散的能量变化低于一个阈值,则能量吸收被认为“基本上恒定”。例如,可以基于耗散能量的分布计算偏差,若该偏差低于50%,则可吸收能量被认为“基本上恒定”。因为在许多的情况中,空间均匀的能量吸收会导致空间均匀的温度上升,符合本公开的实施方案的一些,“空间均匀性”还值一个条件,该条件是在整个对象或其目标为能量应用的对象的一部分上的温度上升是基本上恒定的。温度上升可以通过传感装置如在区域90中的温度传感器测量。

[0175] 为实现在对象或对象的一部分中的近似基本上恒定的能量吸收,控制器101可以被配置为保持基本上恒定在每个频率或MSE供应能量到天线102的时间量,同时改变作为可吸收能量的函数在每个频率或MSE供应的功率的量。

[0176] 在某些情形中,当对于具体的频率、多个频率、MSE或多个MSE而言可吸收能量值低于一个预先确定阈值时,也许不可能实现在每个频率或MSE下的吸收均匀性。在此类例子中,符合本公开的实施方案的一些,控制器101可以被配置为促使针对具体的频率、多个频率、MSE或多个MSE供应到天线的能量,功率水平基本上等于该装置的最大功率水平。或者,根据一些其他的实施方案,控制器101可以被配置为促使放大器在具体的频率、多个频率、MSE或多个MSE一点不供应能量。有时,仅在相比较于均匀的发射的能量水平(例如50%或更多,或甚至80%或更多)放大器可以向对象供应能量的至少一个阈值百分比时,则可以决定在基本上等于放大器的最大功率水平的功率水平供应能量。有时,仅在反射能量低于预先确定阈值例如以便防止设备吸收多余的功率时,可以决定在基本上等于放大器的最大功率水平的功率水平供应能量。可以基于将反射能量引进到模拟负载中的温度或在模拟负载和环境之间的温度差作出决定。该至少一个处理器因此可以被配置为由一个模拟负载控制反射能量或吸收能量。类似地,若可吸收能量值超过了一个预先确定阈值,控制器101可以被配置为促使天线在低于天线的最大功率水平的功率水平处供应能量。

[0177] 在一个可替代方案中,可以通过在保持所施加的功率在基本上恒定的水平的同时改变能量输送的持续时间来实现均匀的吸收。换言之,展现更低可吸收能量值的频率比展现更高吸收值的频率或MSE的能量应用的持续时间更长。以此方式,在多个频率或MSE处供应的功率的量可以是基本上恒定的,同时取决于在具体的频率或MSE的可吸收能量值,供应的能量的时间量改变。

[0178] 在某些实施方案中,该至少一个天线可以包括多个天线,并且该至少一个处理器可以被配置为促使能量供应到使用具有不同相位的波的多个天线。例如,天线102可以是一个相控阵天线,该相控阵天线包括形成一个阵列的多个天线。能量可以在不同相位的电磁波供应到每个天线。可以调节该相位以匹配相控阵的几何结构。在本公开的一些实施方案中,该至少一个处理器可以被配置为动态地和独立地控制每个天线的相位。当使用相控阵天线时,供应到天线的能量可以是供应到在阵列中的每个天线的能量的总和。

[0179] 因为取决于应用,可吸收能量可以基于包括对象温度的大量因素而改变,这对规律地更新可吸收能量值以及因此基于所更新的吸收值调节能量应用而言是有利的。取决于应用,这些更新可以在一秒内发生多次,或可以每隔几秒或更长发生。作为普遍的原理,更频繁的更新会增加频率能量吸收的均匀性。

[0180] 根据本公开的一些实施方案,控制器可以被配置为根据供应能量的频率来调节从天线供应的能量。例如,不管是否利用扫频或能量吸收的一些其他主动指示符,某些频率或MSE可以被设定为目标或避免用于能量应用。即,可以存在控制器101一起避免的频率或MSE,如在吸收水平降低于预先确定阈值的场合时。例如,金属倾向于电磁能量较弱的吸收器,并且因此与金属相关联的某些频率或MSE将展现出更低的吸收指示符值。在此类例子中,金属可以符合已知的曲线,并且可以避免相关联的频率。或者,可以动态地确定吸收指示符值,并且当其低于一个预先确定阈值时,控制器101可以防止天线102在此类频率供应电磁能量。或者,如果所期望的是仅将能量应用到对象的一部分上,若相关联的频率或MSE阈值是已知的或动态地确定的,能量可以这些部分为目标。根据本发明的另一个方面,该至少一个处理器可以被配置为确定在多个频率或MSE中的每一个下确定期望的能量吸收,并且调节在每个频率或MSE从天线供应的能量,以便将在每个频率或MSE的期望的能量吸收水平设定为目标。例如如之前讨论,控制器101可以被配置为在每个频率或MSE将期望的能量吸收水平设定为目标从而试图在一系列频率或MSE上实现或近似基本上均匀的能量吸收。或者,控制器101可以被配置为将在整个对象110上的能量吸收廓线设定为目标,这可以计算为避免均匀的能量吸收,或仅在对象110的一部分上实现基本上均匀的吸收。

[0181] 调制空间(MS)和调制空间元素(MSE)

[0182] 如上所述,本公开的实施方案的一些可以被配置为实现负载中的期望的加热模式。此类负载可以包括多个对象、一种材料的一个或多个相位、和/或不同的材料成分。例如,通过在一系列频率或MSE对负载进行扫描,可以确定对于每个频率的耗散率。使用该耗散率信息,控制器101可以被配置为将在每个频率(或MSE)期望的能量吸收水平设定为目标。在一个示例性实施方案中,可以控制在每个MSE供应的功率水平,以便在展现较高耗散率的MSE供应较低的功率水平,并且在展现较低耗散率的MSE可以供应较高的功率水平。在具体的频率供应固定功率的过程中控制器101还可以改变时间量。例如,在展现较高耗散率的MSE的相当短的持续时间可以施加某个功率水平,并且在展现较低耗散率的MSE的更长的持续时间可以施加相同的功率水平。如上所述,可以控制功率水平和持续时间两者以实现期望的能量输入曲线。例如,在具有较高耗散率的MSE可以使用较低功率水平和较短应用时间两者,并且在具有较低耗散率的MSE可以使用较高功率水平和较长应用时间。此类实施方案可以实现或接近在一系列频率上的基本上均匀的能量吸收,并且在某些示例性实施方案中,可以均匀地或根据另一个期望的加热廓线加热负载。

[0183] 然而,本公开的实施方案不限于扫频和在该扫频中在多个频率下的改变持续时间的过程中施加(固定的或可变的)功率的构思。而是,可以通过控制可能影响输送到负载或负载的一部分的能量的任何参数来更广泛地实现符合本公开的实施方案的能量传递。频率可以仅是用来由负载或负载的一部分影响能量吸收的参数中的一个示例。

[0184] 在能量应用区域中的电磁波可以展现为某种场模式。“场模式”可以指电磁场配置,其特征在于,例如在能量应用区域中的电场强度分布的振幅。总之,电磁场强度可以是

时变和空间依赖的。即,不仅在不同的空间位置场强度可以改变,而且在空间中的给定位置,场强度可以常常以正弦的方式随时间改变或可以振荡。因此,在不同的空间位置,场强度同时可以未达到其最大值(即其最大振幅值)。因为,在给定位置的场强度振幅可以披露关于电磁场的信息,如电磁功率密度或能量传递能力,在本文提及的场模式可以包括表示在一个或多个空间位置的场强度的振幅的廓线。此类场强度振幅廓线可以相同于或不同于在区域中在给定时间的瞬时场强度分布的快照。如在本文中使用时,术语“振幅”与“大小”是可互换的。

[0185] 通过施加电磁能量到能量应用区域可以激发场模式。如在本文中使用时,术语“激发”与“产生”、“创建”、及“施加”是可互换的。总之,在能量应用区域中的场模式可以不平坦的(即不均匀的)。即,场模式可以包括具有相对高振幅的场强度的区域和具有相对低振幅的场强度的其他区域。能量传递的速率可以取决于场强度的振幅。例如,能量传递可以在在具有较高振幅的场强度的区域比在具有较低场强度的振幅的区域发生地更快。如在本文中使用时,术语“能量传递”与“能量输送”是可互换的。

[0186] 图3的设备可以被配置为控制在能量应用区域中的高振幅电磁场(最大和最小)和低振幅电磁场的分布和强度,因此输送不同的目标的能量的量到应用区域中的任何两个(或更多个)给定的区域。能量应用可以是一个模态腔。如在本文中使用时,“模态腔”是指满足“模态条件”的腔。模态条件是指在能量应用区域所支持的最大共振波长和源所支持的输送的电磁波能量的波长之间的关系。若由源供应的输送的电磁能量的波长大于该能量应用区域支持的最大共振波长的四分之一,则满足模态条件。在能量应用区域中的电磁场的分布和强度的控制可以通过选择“多个MSE”发生(如后文描述)。MSE选择的选项可以影响有多少能量分布在能量应用区域的区域。当不满足模态条件时,很难通过MSE的控制实现期望的能量应用分布。

[0187] 术语“调制空间”或“MS”用来集中地指可能影响在能量应用区域及其所有组合中的场模式的所有参数。在一些实施方案中,“MS”可以包括可以使用的所有可能的组件及其潜在的设置(与其他相比而言是绝对的或相对的)以及与这些组件相关联的可调参数。例如,“MS”可以包括多个可变参数、天线的数目、它们的定位和/或方向(若是可修改的)、可用的带宽、一组所有可用的频率及其任何组合、功率设置(例如同时输送到两个或更多个辐射馈源的相对功率)、时间设置、相位等。

[0188] 调制空间的能量应用区域相关的方面的示例可以包括能量应用区域的尺寸和形以及用来构造能量应用区域的材料。调制空间的能量源相关的方面的示例可以包括能量传输的振幅、频率及相位。调制空间的辐射元件相关的方面的可以包括类似天线结构的类型、数目、尺寸、形状、配置、方位及放置。

[0189] 与MS相关联的每个可变的参数被称为MS尺寸。通过举例,图10示出了具有指定为频率(F)、相位( $\phi$ )、振幅(A)三个维度的一个三维调制空间1000(例如在两个或更多个用于提供能量到给定MSE的给定电磁场的馈源之间的振幅差)。即,在MS 1000,在能量传输期间可以调制电磁波的频率、相位、及振幅中的任意一个,而在能量传输期间可以预先确定和固定所有其他的参数。MS可以是一维的,其中在能量输送的过程中仅改变一个参数。MS还可以是更高维度的以便改变多于一个参数。

[0190] 术语“调制空间元素”或“MSE”可以指在MS中的可变参数的一组特定值。因此,MS还

可以被视为所有可能的MSE的集合。例如,两个MSE在供应到多个辐射元件的相对能量振幅中可以彼此不同。例如,图10示出了在三维MS 1000中的一个MSE 1001。MSE 1001可以具有一个特定的频率 $F(i)$ 、特定的相位 $\phi(i)$ 、及特定的振幅 $A(i)$ 。若甚至这些MSE变量之一改变时,然后该新组定义另一个MSE。例如,(3GHz, 30°, 12V)和(3GHz, 60°, 12V)是两个不同的MSE,尽管仅有相位组件改变。在一些实施方案中,连续扫描的MSE没有必要彼此相关。而是,它们MSE变量可以从MSE到MSE而明显不同(或可以是逻辑上相关的)。在一些实施方案中,MSE变量从MSE到MSE而明显不同,可能在它们之间可能没有逻辑关联,然而,总的来说,一组工作的MSE可以实现期望的能量应用目标。

[0191] 这些MS参数的不同组合会导致在能量应用区域中的不同的场模式,并且进而,在对象中区分能量分布模式。多个MSE可以连续或同时执行以激发在能量应用区域中的具体的场模式,可以统称为“能量传递方案”。例如,能量传递方案可以包括三个MSE  $(F_{(1)}, \phi_{(1)}, A_{(1)})$ 、 $(F_{(2)}, \phi_{(2)}, A_{(2)})$ 、 $(F_{(3)}, \phi_{(3)}, A_{(3)})$ 。能量传递方案可以包括附加的非MSE参数,如在施加每个MSE的过程中的时间或在每个MSE输送的功率。因为实际上具有无限多个MSE,具有实际上无限多个不同的能量输送方案,导致在任何给定的能量应用区域中的实际上无限多个不同的场模式(尽管不同的MSE有时可以促使高度类似或甚至完全相同的场模式)。当然,不同能量传输方案的数目可以部分地是可获得的MSE的数目的函数。本发明在其最广泛的意义上不限于MSE或MSE组合的任何具体的数目。此外,取决于如期望的使用、期望的控制水平、硬件或软件解决方案或成本的因素,可以利用的选项的数目可以少到两个或多到设计者期望的一样多。

[0192] 如上所述,本发明的设备或方法可以涉及使用处理器用于执行指令或执行逻辑操作的处理器。这些由处理器执行的指令例如可以预加载到处理器中或可以存储在单独的存储单元如RAM、ROM、硬盘、光盘、磁介质、闪存存储器、其他永久的、固定的、或易失性存储器、或能够提供指令到处理器的任何其他的机构。一个或多个处理器可以定制用于一种具体的用途,或可以被配置用于通用的用途并且通过执行不同的软件来执行不同的功能。

[0193] 若利用了多于一个处理器,那么所有这些处理器可以具有类似的构造,或它们可以是彼此电连接或分离的不同构造。它们可以是单独的电路或集成在单个电路中。当使用多于一个处理器时,它们可以被配置为独立或协作地操作。它们可以电连接、磁连接、光连接、声连接、机械连接、无线连接或允许至少一个信号在它们之间通信的任何其他方式连接。

[0194] 单个或多个处理器可以被提供用于调节能量源的单独目的。或者,除提供其他的功能之外,单个或多个处理器可以提供有调节能量源的功能。例如,用来调节能量源的一个或多个相同的处理器可以集成到控制电路中,该控制电路提供附加的控制功能到不同于能量源的组件。

[0195] 根据本发明的一些实施方案,该至少一个处理器可以被配置为在能量应用区域中调节能量源以便输送第一预先确定的量的能量到第一预先确定区域和第二预先确定的量的能量到第二预先确定区域,其中第一预先确定量的能量不同于第二预先确定量的能量。例如,场模式可以选择具有高振幅的电磁场强度的已知区域(热点)。因此,通过将热点与在能量应用区域中的一个区域对齐,可以选择预先确定的场模式以输送第一预先确定量的能量到第一预先确定区域。当选择了具有不同热点的另一个场模式时,该第二场模式可以导

致输送第二预先确定量的能量到第二预先确定区域。如在下文描述,可以选择不同的MSE和/或MSE的组合以便输送不同预先确定的量的能量到不同的预先确定区域。在又一个例子中,通过具体的场模式或MSE的处理器选择,和/或例如功率水平的控制(例如对于给定的MSE提供的整体功率),在一个具体的条件中施加功率的持续时间,或上述的组合中的任意一个可以实现所施加的能量的量的控制。该处理器可以进行此类选择以便实现期望的能量应用廓线。

[0196] 术语“区域”可以包括能量应用区域中的任何部分,如一个单元、子体积、子分区、分离的子空间、或能量应用区域的任何子集,而不管该分组如何分离。在一个具体的示例中,能量应用区域可以包括两个区域。在另一个示例中,能量应用区域可以包括多于两个区域。该区域可以或可以不彼此重叠,并且每个区域的尺寸可以或可以不相同。

[0197] 该至少一个处理器还可以被配置为预先确定第一区域和第二区域的位置。例如这可以通过来自能量应用区域的反射反馈,提供关于在该区域中的对象的位置的信息发生。在其他的实施方案中,这可以通过成像来实现。在一些实施方案中,区域可以对应于对象的不同部分,并且可以输送不同目标的量的电磁能量到对象的这些不同部分。在每个区域中实际所耗散的能量量可以取决于在该区域的场强度和在该具体的区域的相应部分的吸收特征。还在仍另一个实施方案中,这些预先确定的位置可以是场模式的已知的几何形状的函数,而不用参考该能量应用区域中的对象。在一些实施方案中,还可以通过不同于该至少一个处理器的用户或装置预先确定第一区域和第二区域的位置。

[0198] 两个区域可以在能量应用区域中彼此相邻。例如,能量应用区域可以包括由对象或对象的一部分占有的区域,以及定义不同于对象的该区域的区域的另一个区域。在该情况中,这两个区域可以彼此相邻并且通过边界分离。例如,第一区域可以是在正在加热的一杯汤之内,而第二区域可以是在这杯汤之外。在另一个示例中,能量应用区域可以包括在对象中具有不同的能量吸收特征的两个区域。例如,第一区域可以在汤的顶层包含大部分水,而第二区域可以在汤底层包含大部分马铃薯和/或肉。在另一个示例中,第一区域可以包含具有一个具体相位的材料(例如液态水),而第二区域可以包含具有不同相位的相同材料(例如固态冰)。因为它们的不同能量吸收特征,可能有益的是激发在这两个区域具有不同的电场强度的场模式。基于两个区域的局部场强度和能量吸收特征的不同,可以预先确定在这些区域中的每一个中的所耗散的能量。因此,所耗散的能量可以基本上相等或不同,如期望的,在对象中的不同区域,通过选择和控制用于构造合适的能量输送方案的MSE用于传输能量。

[0199] MSE选择可以影响能量如何被分布在能量应用区域的区域中。为输送不同目标量的电磁能量到在能量应用区域中的不同预先确定的区域,处理器可以控制一个或多个MSE以便实现一种场模式,该场模式将能量指向应用区域中具体的预先确定区域。MSE的选择可以导致提供附加的控制测量的驻波,因为驻波倾向于展现可预测和不同定义的“高强度区域”(热点)和“低强度区域”(冷点),如早前描述,高强度区域可以展现明显不同于低强度区域的能量浓度。应理解术语“冷点”不必要求完全不施加能量。而是,它还可以指相对于热点具有减少的强度的区域。即,在低强度区域,场强度的振幅高于在高强度区域中的场强度的振幅。因此,在高强度区域中的功率密度大于在低强度区域中的功率密度。空间位置的功率密度和场强度相关于输送电磁能量到在该位置中放置的对象的能力。因此,能量传输或传

递速率在高强度区域比在低强度区域更高。换言之,能量传输或传递可以在高强度区域更有效。因此,通过控制在能量应用区域中的高强度区域和/或低强度区域,处理器可以控制到特定空间位置的能量输送。通过控制MSE可以实现高和低强度区域的此类控制。

[0200] 可控制的MSE变量可以包括发射电磁波的振幅、相位、及频率;每个辐射元件的位置、方位、及配置;或这些参数的任何的组合;或可以影响场模式的其他参数中的一个或多个。例如,如在图9中描述,示例性处理器1401可以电连接到能量源的各种组件,如电源1402、调制器1404、放大器1406、及辐射元件1408。处理器1401可以被配置为执行调节这些组件的一个或多个的指令。例如,处理器1401可以调节通过电源1402供应的功率水平。处理器1401例如还可以通过切换在放大器中的晶体管来调节放大器1406的放大率。可替代地或附加地,处理器1401可以执行放大器1406的脉宽调制控制,以便放大器输出期望的波形。处理器1401可以调节由调制器1404执行的调制,并且可以可替代地或附加地如通过电机机械装置调节每个辐射元件1408的位置、方位、及配置的至少一个。此类电机机械装置可以包括马达或其他活动结构用于旋转、转动、移动、滑动或以其他方式改变辐射元件1408中的一个或多个的方位或位置。处理器1401可以进一步被配置为调节位于能量应用区域中任何场调节元件。例如,场调节元件可以被配置为选择性地控制来自辐射元件的电磁能量的方向,或同时匹配作为发射器的辐射元件以减少连接到作为发射器的一个或多个辐射元件。

[0201] 在另一个示例中,当使用相位调制器时,可以对其进行控制以执行在AC波形上的一个预先确定的时间延迟序列,以便对于一系列时间段中的每一个,AC波形的相位增加了多个度数(例如10度)。或者,处理器可以基于来自能量应用区域的反馈动态地和/或适应地调节调制。例如,处理器1401可以被配置为接收来自检测器1416的模拟或数字反馈,指示从腔1412(包括对象1410)接收的电磁能量的量,并且处理器1401可以基于所接收的反馈信号动态地确定下一个时间段在相位调制器的时间延迟。

[0202] 例如通过测试、模拟、或分析计算可以确定从MSE的任何给定的组合产生的能量分布。使用测试方法,传感器(例如小型天线)可以放置在能量应用区域中,以测量从MSE的给定的组合中产生的能量分布。分布然后例如可以存储在查找表中。在模拟的方法中,可以构造虚拟模型以便以虚拟的方式测试MSE的组合。例如,可以基于输入到计算机的一组MSE在计算机中执行能量应用区域的模拟模型。如CST或HFSS的模拟引擎可以用来在数字上计算在能量应用区域内部的场分布。可以使用成像技术将产生的场模式图形化或作为数字数据存储在计算机中。能够以此方式建立在MSE和产生的场模式之间的关联。该模拟方法可以预先较好地发生,并且在能量应用操作过程中按照需要的基础进行存储在查找表中的已知的组合或模拟。

[0203] 类似地,作为测试和模拟的一种替代方案,可以基于分析模型执行计算以便基于所选择的MSE组合预测能量分布。例如,假定具有已知的尺寸的能量应用区域的形状,可以从分析方程计算对应于给定的MSE的基本场模式。然后通过线性组合用该基本的场模式(也称为“模式”)构建期望的场模式。正如该模拟方法以及存储在查找表中的已知的组合可以在能量应用操作过程中按照需要的基础进行,该分析方法可以预先较好地发生。

[0204] 根据本发明的一些实施方案,该处理器可以被配置为输送预先确定量的能量到能量应用区域中的至少两个区域。该能量可以基于在能量应用区域中的对象的已知的特征而预先确定。例如,在反复加热具有相同的物理特征的产品专用炉的例子中(例如完全相

同的汉堡帕蒂),该处理器可以被预编程以输送对应至少两个已知的场模式的不同的已知的量的能量。取决于场模式该处理器可以施加不同量的能量。即,能量应用的功率或持续时间可以随所施加的场模式而改变。(即,从MSE产生)。如上述讨论,在有待施加的预先确定量的能量和场模式之间的关联可以通过测试、模拟或类比性分析确定。

[0205] 在场模式和输送能量的量之间的关联还可以通过对象1410的能量吸收廓线确定。即,可以使用一个或多个MSE来扫描对象1410,并且可以确定相应的耗散率。基于耗散率和期望的能量输送特征,可以为所扫描的MSE中的每一个选择一个功率水平以实现期望的目标。例如,若目标是不均匀地在整个对象的体积上施加能量,那么该处理器可以选择导致均匀的能量应用的MSE组合。若在另一方面,期望不均匀的能量应用,那么该处理器可以施加具有每个不同的场模式的预先确定量的能量以便实现期望的不均匀性。

[0206] 因此,正因为可以选择并扫描多个频率子集,如在上述扫描示例中所描述的,因此也可以选择扫描许多MSE子集以便实现期望的能量应用目标。此类连续过程在本文可以称为“MSE扫描”。

[0207] MSE扫描可以用来不同地加热对象的多个部分或区域。例如,可以扫描一个或多个MSE,并且可以确定对象或负载的一部分的耗散特征(例如可以为所扫描的MSE确定耗散率)。基于负载的耗散特征,可以为在所扫描的MSE的每一个或所扫描的MSE的一部分的应用选择期望的功率水平和持续时间。根据本公开的一些实施方案,所选择的功率水平可以是固定的,或者可替代地可以从一个MSE到下一个不同。类似地,选择的持续时间可以是固定的,或者可替代地可以从一个MSE到下一个不同。在一个示例中,展现较大耗散率的MSE可以为功率应用分配相对较低功率值和/或较低持续时间,展现较小耗散率的MSE可以为功率应用分配较高功率值和/或较长持续时间。当然,取决于具体的能量应用目标可以利用用于将功率水平和持续时间分配到所扫描的MSE的任何方案。然后可以开始MSE扫描,在这过程中所选择的功率水平在相应的MSE被施加持续所选择的持续时间。MSE扫描可以继续直到对象已实现期望的加热水平或期望的热廓线。

[0208] 定期地,在MSE扫描过程中,可以使用相同或不同的MSE再扫描该负载以获得一组更新后的耗散率。基于该组更新后的耗散率,可以调节用于对应于MSE中的每一个的功率应用的功率水平和持续时间。取决于具体的实施方案的要求,该MSE扫描能够以任何期望的速率发生。在一些实施方案中,MSE扫描能够以每分钟约120次的速率重复。可以使用更高的扫描速率(例如200/分或300/分)或更低的扫描速率(例如约100/分、20/分、2/分、10/融化时间、或3/融化时间)。此外,可以非定期地执行这些扫描。有时,可以每0.5秒一次或每5秒一次或以任何其他速率执行MSE扫描序列(例如一个或多个扫描)。此外,扫描之间的周期可以由发射到腔内的能量的量和/或耗散到负载的能量的量来定义。例如,在给定的能量的量之后(例如10kJ或更少或1kJ或更少或几百焦耳或甚至100J或更少被发射或耗散到负载或负载的给定的一部分(例如100g的重量或如负载的50%的百分比),可以执行新的扫描。

[0209] 为在上述讨论的原理上的重复和进一步展开,本公开的实施方案可以包括一种施加RF能量到负载的设备。如上所述,该设备可以包括至少一个处理器。例如,该处理器可以包括在一个输入或多个输入上执行逻辑操作的电路。例如,此类处理器可以包括一个或多个集成电路、微芯片、微控制器、微处理器、中央处理单元(CPU)的全部或一部分、图形处理单元(GPU)、数字信号处理器(DSP)、现场可编程门阵列(FPGA)、或适用于执行指令或执行逻

辑操作的其他电路。

[0210] 该至少一个处理器可以被配置为接收指示对于多个调制空间元素(MSE)的每个由负载(a/k/a,对象)所耗散的能量信息。例如,所接收的指示由负载所耗散的能量信息可以包括指示由负载所吸收的能量量、由负载所反射的能量量、或任何其他直接或间接的负载的耗散能量量的指示符。在一个实施方案中,基于指示由负载所耗散的能量信息,该处理器可以为该多个MSE(或MSE集合)中的每一个确定耗散率。

[0211] 该处理器能够以任何期望的速率为MSE集合确定耗散率。在一个实施方案中,能够以至少约每分钟120次的速率确定对应于MSE集合的耗散率集合。在其他的实施方案中,能够以少于约每分钟120次的速率确定对应于MSE集合的耗散率集合。该速率可以取决于对象的性质、MSE的性质、系统的物理特征、以及有待实现的期望的结果。仅通过举例,在一些情况中超过5次每秒的速率可能是令人期望的。在其他例子中,少于每秒两次的速率可能是令人期望的。

[0212] 基于所接收的信息,该处理器还可以被配置为将该多个MSE(各自与在能量应用区域中的场模式相关联)中的每一个与功率应用的相应的持续时间相关联。如在本文中使用,功率应用的持续时间可以指具体的功率施加到负载的过程中的时间长度。该处理器可以进一步被配置为将该多个调制空间元素中的每一个与对应于关联于相同的调制空间元素的功率应用的持续时间的功率水平相关联。可用于输送到负载的能量量取决于功率水平和功率施加到负载的时间量。

[0213] 该处理器可以进一步被配置为调节施加到负载的能量以便在该多个MSE的扫频过程中,在相应的功率水平值和/或在相应的功率应用的持续时间施加功率到负载。例如,如上所述,展现更高耗散率的MSE比展现更低耗散率的其他MSE可以在更低水平和/或更短时间接收功率。当然可以根据要求或一种具体的预期用途的能量输送目标将可获得的范围内的任何功率水平和功率应用的任何期望的持续时间分配到任何MSE。

[0214] 如上所述,可以由可能到负载的能量输送的多个参数中的任意一个的值来定义确定该多个MSE中的每一个。在一个实施方案中,可以由针对频率、相位、及振幅和可选地针对其他的尺寸的值来定义该多个MSE。在其他的实施方案中,MSE可以是一维的以便仅一个参数变化,并且任何其他的参数保持恒定。例如,一组一维MSE可以仅在频率、相位及振幅之一中彼此不同。在某些实施方案中,频率值可以在多个MSE中变化,同时其他参数的值如相位和/或振幅保持恒定。

[0215] 本公开的实施方案还可以包括一个用于接收负载的腔和用于将EM能量指引到负载的至少一个辐射元件。此外,该设备可以包括通过该至少一个辐射元件供应EM能量到负载中的一个EM能量发生器。

[0216] 可以根据任何期望的能量输送方案选择与多个MSE中的每一个相关联的功率应用的功率水平和持续时间。在一个实施方案中,对应于与第一耗散率相关联的第一MSE的功率应用的持续时间比对应于与第二耗散率相关联的第二MSE的持续时间更短,其中第二耗散率低于第一耗散率。在其他的示例性实施方案中,与多个调制空间元素中的每一个相关联的功率水平值可以相同。

[0217] 本公开的实施方案还可以包括一个用于施加RF能量到负载的设备,其中该设备包括至少一个处理器,该处理器被配置为确定与负载相关联的多个耗散率。基于该多个耗散

率,该处理器可以被配置为设定频率/功率/时间三者(如上详细描述)。该处理器还可以被配置为调节频率/功率/时间三者的应用以施加能量到负载。

[0218] 在本公开的实施方案中,当第一耗散率高于第二耗散率时,该处理器可以被配置为设定MSE/功率/时间三者以便于第一耗散率相关联的MSE分配的功率水平低于与第二耗散率相关联的第二MSE。当第一耗散率高于第二耗散率时,该处理器可以被配置为设定MSE/功率/时间三者以便于第一耗散率相关联的MSE分配的时间短于与第二耗散率相关联的第二MSE。

[0219] 虽然上述方法段落结合耗散率描述了本发明的实施方案,但是本发明的其他的实施方案可以使用不同于耗散率的指示符来应用类似的原理。例如,可以利用来自能量应用区域反射到馈源的能量的指示符作为一个替代方案,这可以是能量吸收力的任何其他直接的、间接的、或相反的指示符。

[0220] 示例性应用

[0221] 在下面的实施方案中,所使用的设备是实质上根据上面提到的W007/096878(‘878)的实施方案而构造和操作的具有800-1000MHz的工作频段的900瓦特的设备;

[0222] 1. 升温算法

[0223] 通过适合于向负载的所有部分提供基本相同量的能量的协议来对自来水(500gr)进行加热。在每个实验中,向负载(水和盛水的碗)发射总共60kJ。

[0224] 在第一升温实验中,根据‘878的实施方案,通过在固定的时段期间发射每个频率同时改变发射时段来在不同的频率下发射不同量的能量。在该示例中,水在2:25分钟内从约22°C加热到约38°C(增加了16°C)。

[0225] 在第二升温实验中,根据本发明的实施方案,通过以最大可用的功率发射每个频率同时改变发射时间来在不同的频率下发射不同量的能量。水在1:58分钟(第一升温时间所需的时间的约80%)内从约21°C加热到约38°C(增加了17°C)。

[0226] 温度增加的差别可能是由于例如温度计的不精确度和/或碗之间的略微差别,这可能导致RF能量的不同吸收。

[0227] 2. 融化算法

[0228] 从约-18°C的传统的餐厅冰柜取出冻鸡胸肉(无骨的且无皮的;在冷冻之前捆在一起)并且使用用于融化的协议来对其进行加热,其中,根据US61/193,248和同时提交的具有第47408号代理人卷号的国际PCT申请的实施方案,在不同的频率下发射的不同量的能量。

[0229] 在第一融化实验中,根据‘878的实施方案,通过在固定的时间段期间发射每个频率同时改变发射时段来在不同的频率下发射不同量的能量。在36分钟内,一捆1500gr的鸡胸肉被加热到0°C到5°C(在鸡胸肉的不同位置处测量的)。

[0230] 在第二融化实验中,根据本发明的实施方案,通过以最大可用的功率发射每个频率并且改变发射时间来在不同的频率下发射不同量的能量。在20分钟内,一捆1715gr的鸡胸肉被加热到0°C到5°C(在鸡胸肉的不同位置处测量的)。因此,可以观察到,在第二融化实验中,第一融化实验所需的时间的约56%足以融化更大的负载。

[0231] 应当清楚的是,也可以将为了清楚起见而在不同实验方式的上下文中描述的本发明的某些特征与单个实施方案结合提供。相反地,也可以单独地或者以任何适当的子组合的方式来提供为了简洁起见而在单个实施方案的上下文中描述的本发明的各个特征。

[0232] 虽然已经结合其具体的实施方案来对本发明进行了描述,但是很明显,很多替换、修改和变换对于本领域技术人员而言将是明显的。因此,期望包含落入所附的权利要求的精神和广泛范围内的所有此类替换、修改和变化。在本说明书中提到的所有出版物、专利和专利申请在本说明书中通过引用的方式完整地并入本说明书,达到如同每个单独的出版物、专利或专利申请被专门地或单独地指出以通过引用的方式并入文本的程度。此外,本申请中的任意参考的引用或确定不应当认为是承认引用可以用作本发明的现有技术。

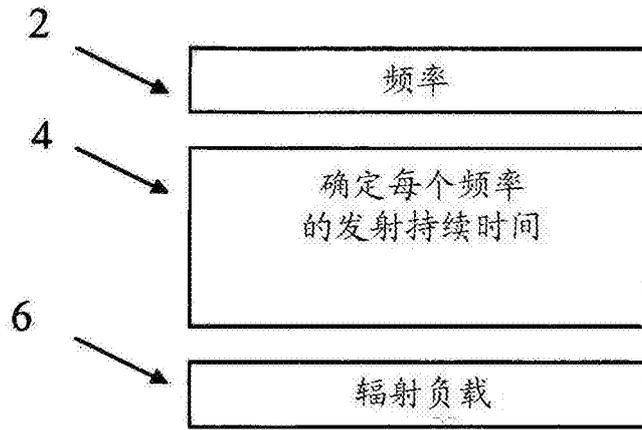


图1A

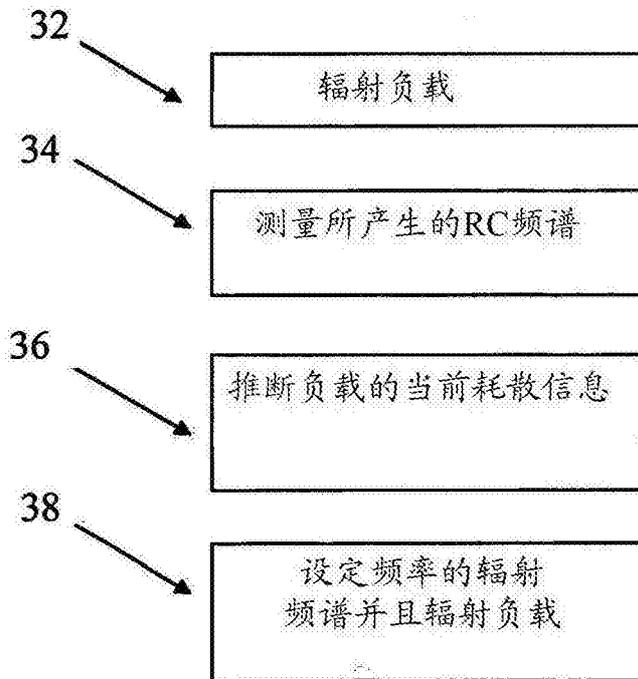


图1B

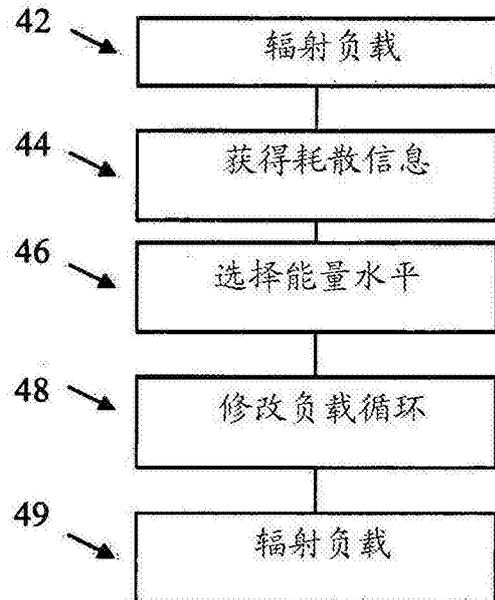


图1C

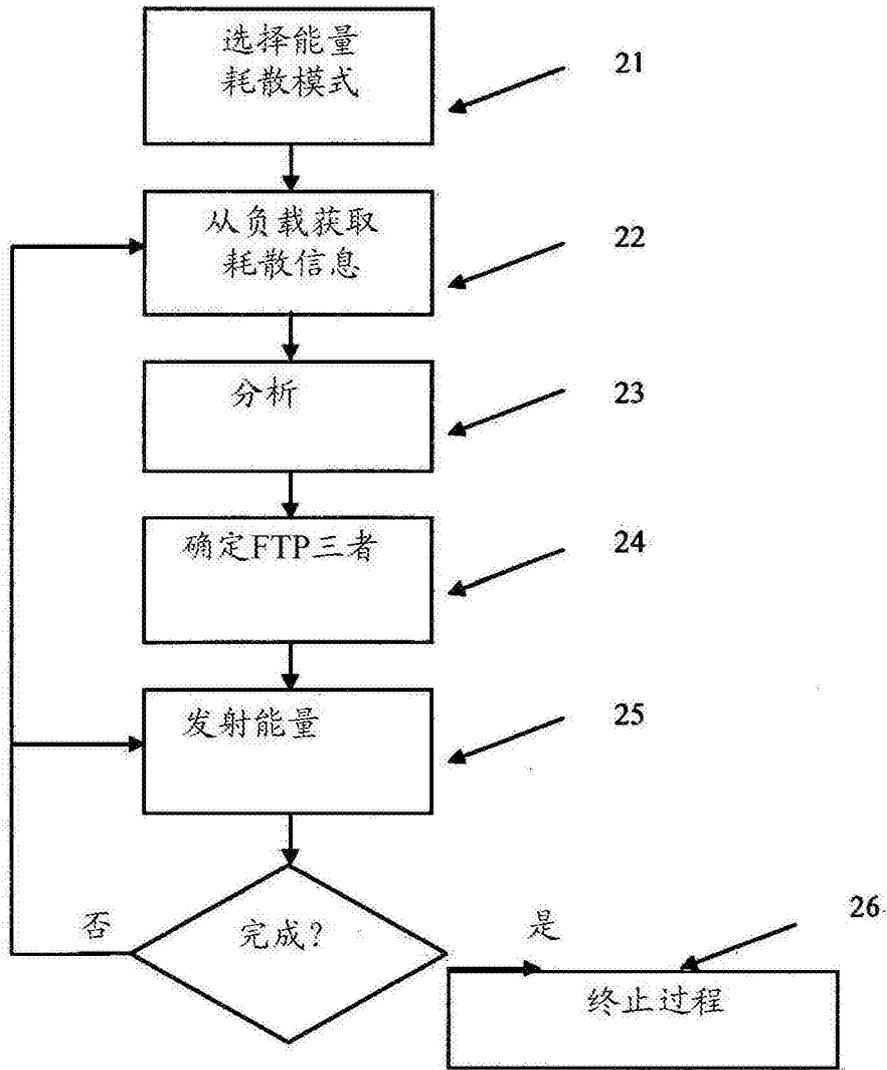


图2

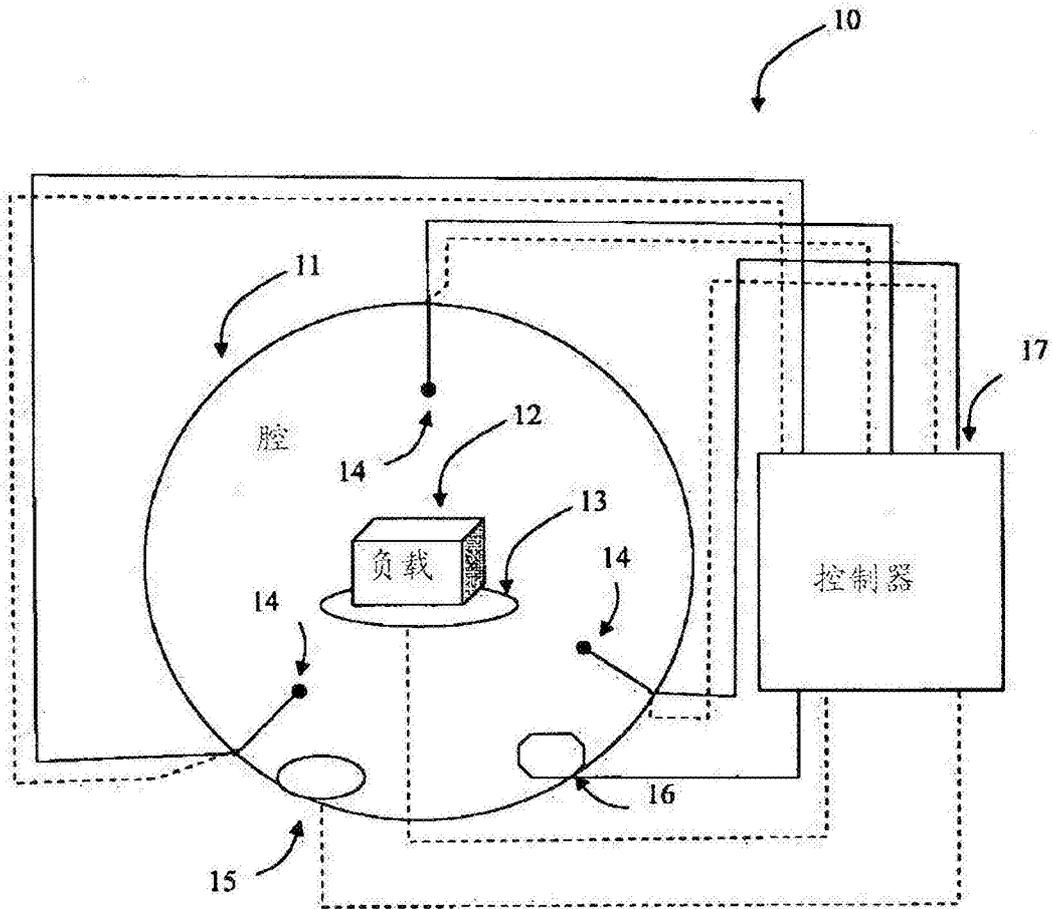


图3

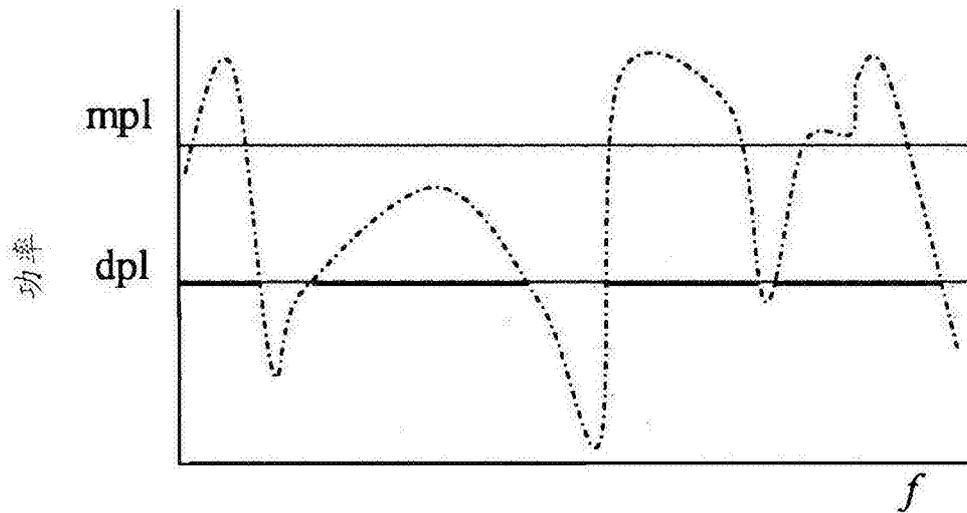


图4A

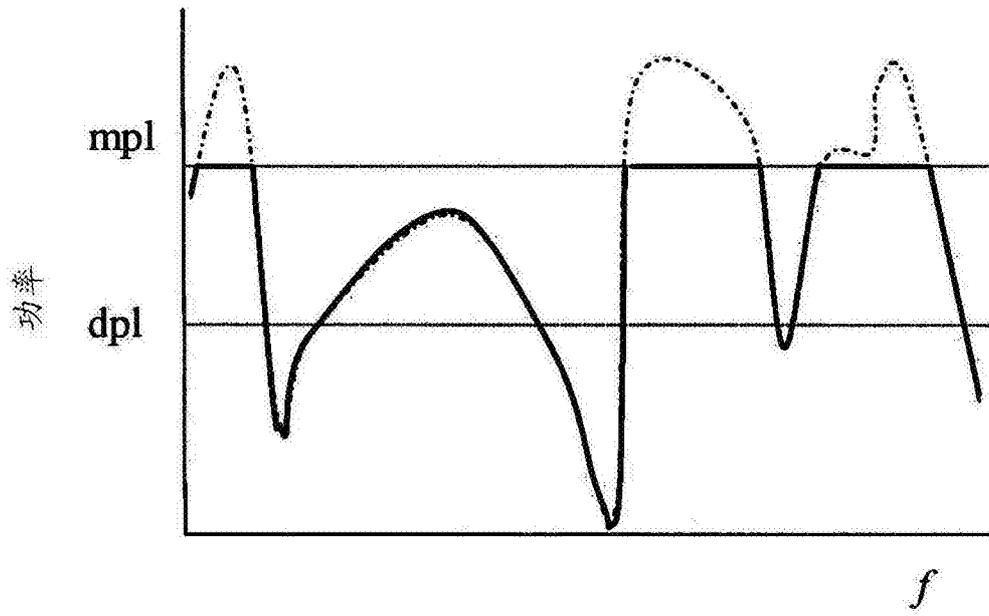


图4B

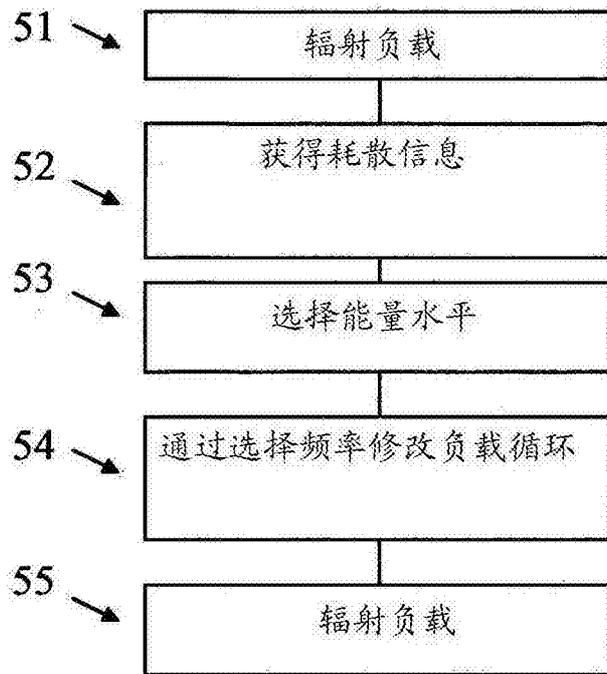


图5

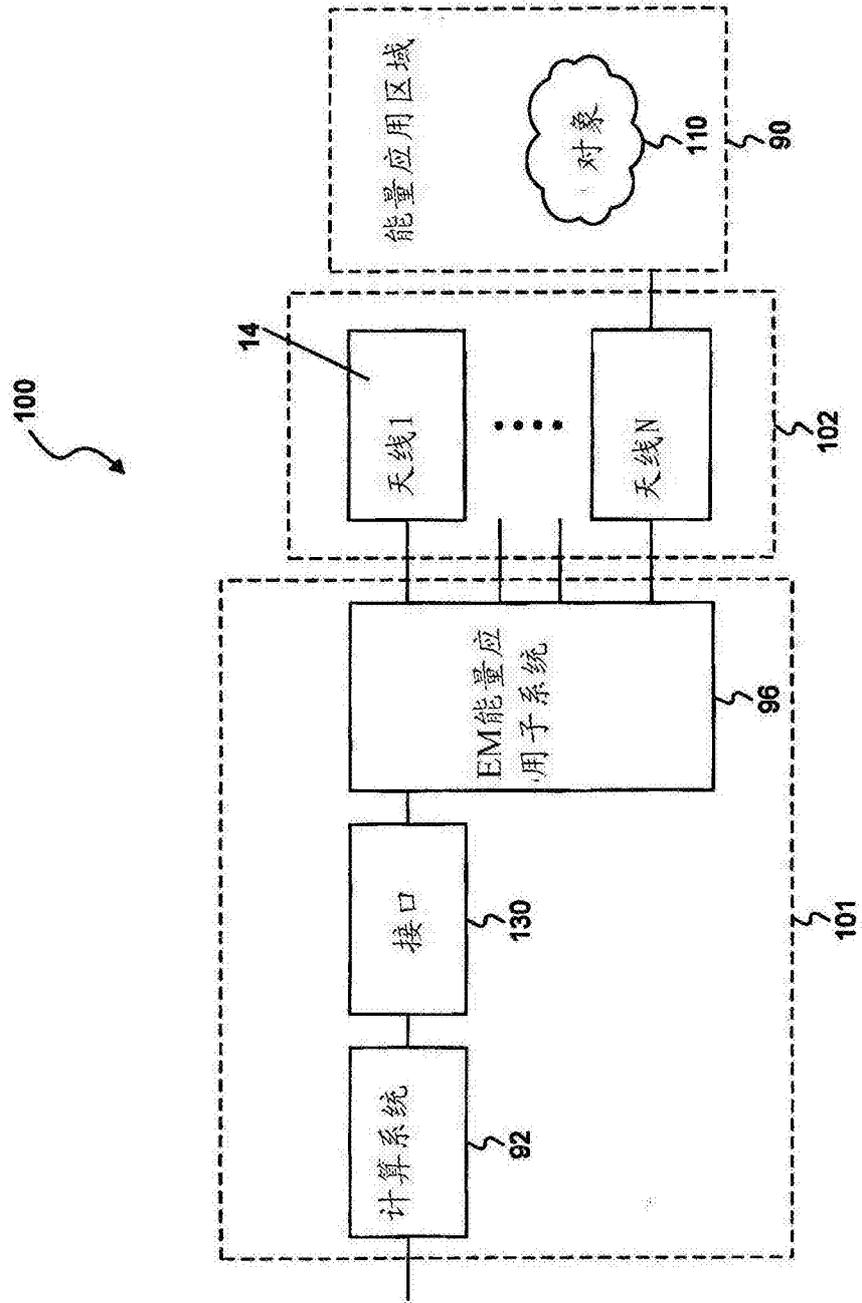


图6

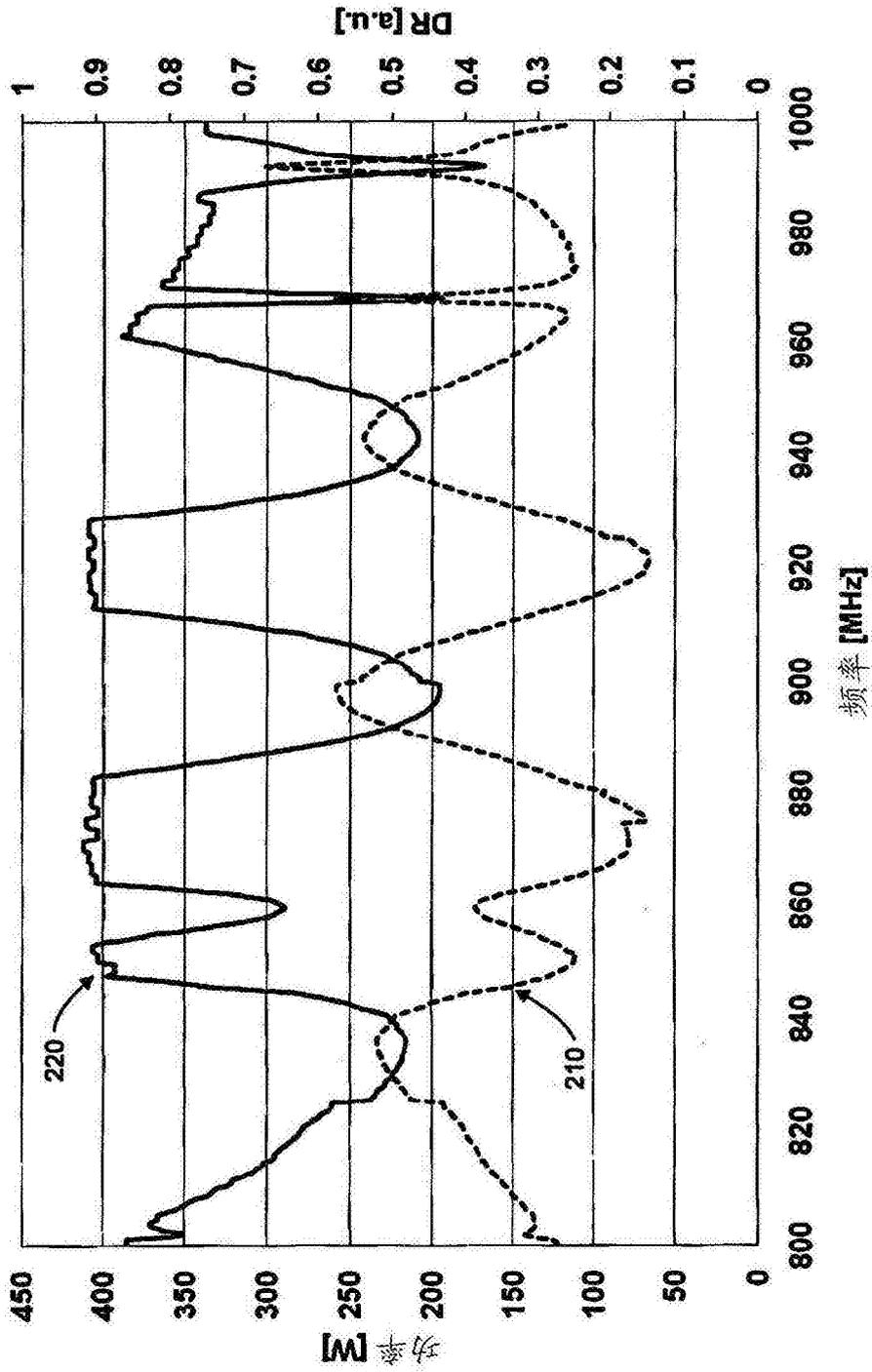


图7

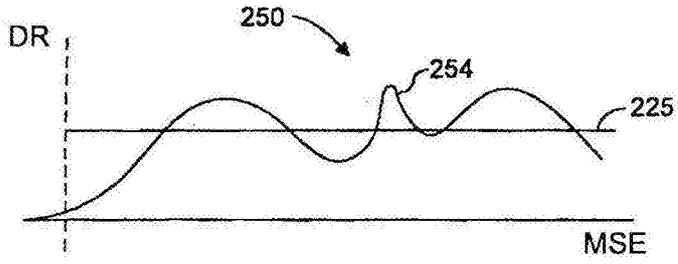


图8

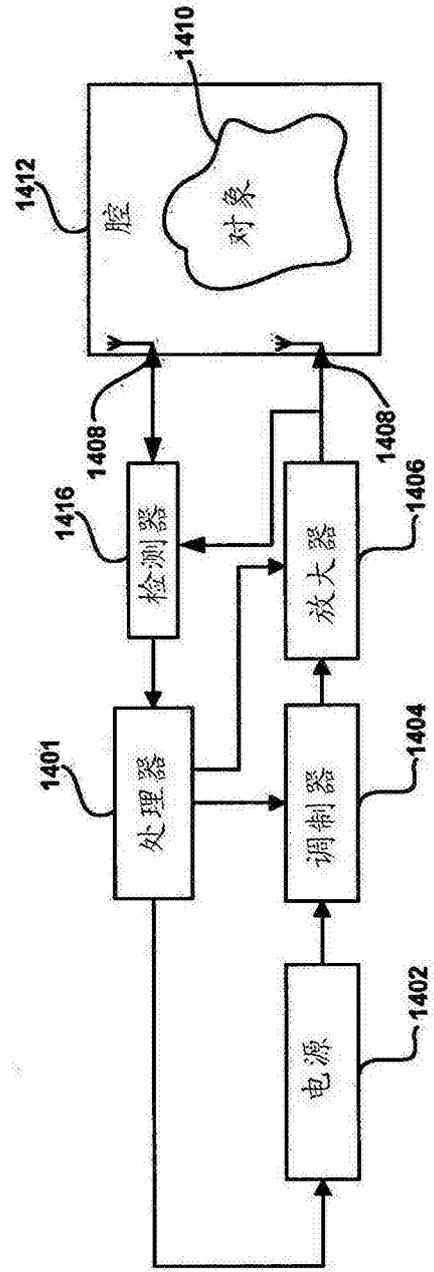


图9

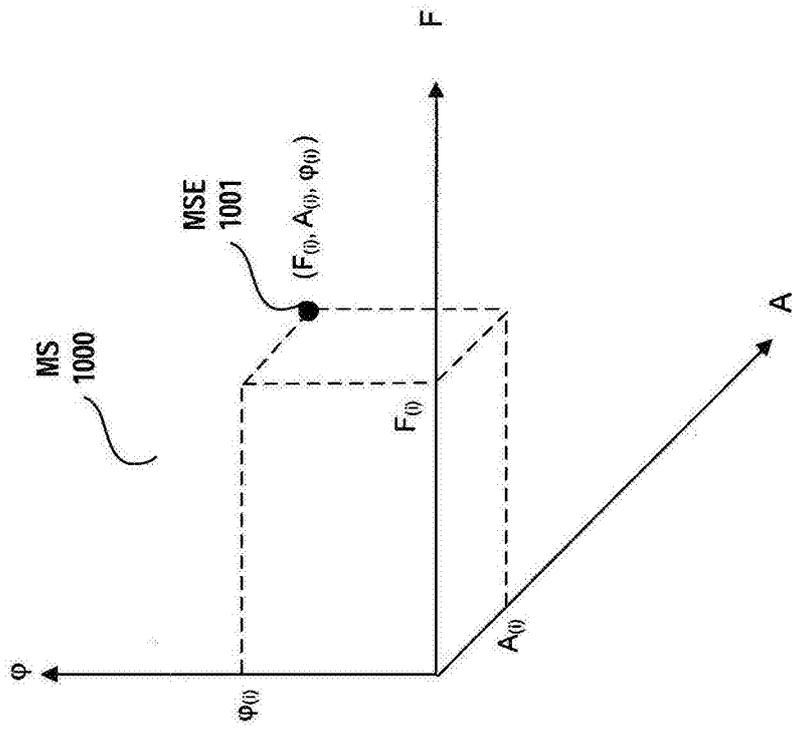


图10